

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日

Date of Application: 2002年 6月27日

出願番号

Application Number: 特願2002-188287

[ST.10/C]:

[JP2002-188287]

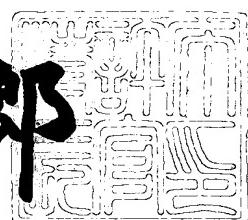
出願人

Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

2003年 2月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3008300

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA01-249

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F02D 41/14

F01N 3/20

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 内田 孝宏

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088971

【弁理士】

【氏名又は名称】 大庭 咲夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100115185

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 慎治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008268

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 触媒劣化判定装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の排気通路に設けられた触媒が劣化したか否かを判定する触媒劣化判定装置であって、

前記触媒の劣化の程度に応じて変化する劣化指標値を取得する劣化指標値取得手段と、

前記取得された劣化指標値を同劣化指標値に影響を与える因子が所定の値であるときに取得された劣化指標値である規格化後指標値となるように同因子に基いて補正する指標値規格化手段と、

前記規格化後指標値が触媒劣化判定値より大きいか否かについての比較結果に基いて前記触媒が劣化しているか否かを判定する触媒劣化判定手段と、

を備えた触媒劣化判定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の触媒劣化判定装置において、前記触媒の劣化の程度に応じて変化する劣化指標値は前記触媒の最大酸素吸蔵量である触媒劣化判定装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の触媒劣化判定装置において、前記因子は前記触媒の温度である触媒劣化判定装置。

【請求項 4】

内燃機関の排気通路に設けられた触媒が劣化したか否かを判定する触媒劣化判定装置であって、

前記触媒の最大酸素吸蔵量を算出する最大酸素吸蔵量算出手段と、

前記最大酸素吸蔵量を算出した期間の前記触媒の温度である算出期間中触媒温度を取得する算出期間中触媒温度取得手段と、

前記触媒の温度と同触媒の最大酸素吸蔵量との関係を同触媒の劣化程度毎に予め記憶するとともに同関係の各々に対応した劣化程度を特定する特性値を同関係に対応して予め記憶した記憶手段と、

前記最大酸素吸蔵量が算出された場合に同最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度が所定温度領域内にあるとき、同最大酸素吸蔵量と同算出期間中触媒温度と前記記憶手段に記憶された前記関係及び前記特性値に基いて同最大酸素吸蔵量が算出された時点での前記触媒の特性値を決定する特性値決定手段と、

前記最大酸素吸蔵量が新たに算出された場合に同新たに算出された最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度が前記所定温度領域内にないとき、同新たに算出された最大酸素吸蔵量を、前記触媒が所定の規格化温度であるときの最大酸素吸蔵量である規格化後最大酸素吸蔵量となるように、前記決定された特性値と同規格化温度と同新たに算出された最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度に基いて補正する規格化手段と、

前記規格化手段による補正が適正であるか否かを判定する規格化適正判定手段と、

前記規格化適正判定手段により前記補正が適正であると判定されたとき前記規格化後最大酸素吸蔵量が触媒劣化判定値より大きいか否かについての判定結果に基いて前記触媒が劣化しているか否かを判定する触媒劣化判定手段と、

を備えた触媒劣化判定装置。

【請求項5】

請求項4に記載の触媒劣化判定装置において、

前記所定温度領域は、同温度領域内で算出される前記触媒の最大酸素吸蔵量が計測誤差により変動したとしても、劣化していると判定すべき触媒の最大酸素吸蔵量と劣化していないと判定すべき触媒の最大酸素吸蔵量とが同じ値となることがない領域に設定され、前記規格化温度は同所定温度領域内の温度であるように設定された触媒劣化判定装置。

【請求項6】

請求項4又は請求項5に記載の触媒劣化判定装置において、

前記記憶手段が記憶する前記特性値は、前記触媒の温度と同触媒の最大酸素吸蔵量との関係を一次式で表した場合の同一次式の傾きである触媒劣化判定装置。

【請求項7】

請求項6に記載の触媒劣化判定装置において、

前記規格化手段は、前記新たに最大酸素吸蔵量が算出されたときの算出期間中触媒温度と前記規格化温度との差に前記決定された特性値である一次式の傾きを乗じることにより補正量を求めるとともに、同補正量を用いて同新たに算出された最大酸素吸蔵量を補正することにより前記規格化後最大酸素吸蔵量を求めるよう構成され、

前記規格化適正判定手段は、前記規格化後最大酸素吸蔵量を求める際に使用された前記新たに算出された最大酸素吸蔵量に対する前記補正量の比、又は同新たに算出された最大酸素吸蔵量に対する前記決定された傾きの比に基いて前記補正が適正であるか否かを判定するように構成された触媒劣化判定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の排気通路に配設された触媒が劣化したか否かを判定するための触媒劣化判定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、内燃機関の排気ガスを浄化するための三元触媒（本明細書においては、単に「触媒」と云うこともある。）が、同機関の排気通路に配設されている。この触媒は、酸素を貯蔵（吸蔵）するO₂ストレージ機能（酸素貯蔵機能、酸素吸蔵機能）を有していて、流入するガスの空燃比がリッチである場合には貯蔵している酸素によりHC, CO等の未燃成分を酸化するとともに、流入するガスの空燃比がリーンである場合には窒素酸化物（NO_x）を還元して同NO_xから奪った酸素を内部に貯蔵する。これにより、三元触媒は、機関の空燃比が理論空燃比から偏移した場合でも、未燃成分や窒素酸化物を効率よく浄化することができる。従って、三元触媒が貯蔵し得る酸素量（以下、「酸素吸蔵量」と称呼する。）の最大値（以下、「最大酸素吸蔵量」と称呼する。）が大きいほど、三元触媒の浄化能力は高くなる。

【0003】

一方、触媒は燃料中に含まれる鉛や硫黄等による被毒、或いは触媒に加わる熱

により劣化する。この場合、前記被毒による劣化が進行するほど前記最大酸素吸蔵量は低下し、熱による劣化が進行するほど同一空燃比に対する有害排気成分の浄化効率が低下することが知られている。また、前記被毒による劣化の進行度合と熱による劣化の進行度合とは比較的強い相関があることも知られている。従つて、図25に示したように、触媒の最大酸素吸蔵量 C_{max} を算出・取得できれば、同取得した最大酸素吸蔵量 C_{max} に基いて同触媒が劣化したか否かを判定することができる。換言すると、最大酸素吸蔵量 C_{max} は、触媒の劣化の程度に応じて変化する劣化指標値である。

【0004】

特開平5-133264号公報に開示された触媒劣化度検出装置は、このような知見に基いて触媒劣化度を検出するものであって、触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリーン側の予め定められた空燃比に、又は理論空燃比よりもリッチ側の予め定められた空燃比に切り換え、その空燃比の切り換え後、触媒下流の排気ガス通路内に配置された空燃比センサにより検出される空燃比が空燃比切り換え後の上記予め定められた空燃比となるまでの間に上記触媒を流通する触媒流通ガス量を求め、理論空燃比に対する上記空燃比切り換え後の予め定められた空燃比の偏差及び上記触媒流通ガス量から触媒に吸着保持される酸素の絶対量（即ち、最大酸素吸蔵量 C_{max} ）を算出し、この酸素の絶対量から触媒の劣化度を検出するようになっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図26に示したように、最大酸素吸蔵量 C_{max} は触媒温度 T_{emp} 等の最大酸素吸蔵量に影響を及ぼす因子によっても変化するので、例えば、同触媒温度 T_{emp} を考慮することなく求めた最大酸素吸蔵量 C_{max} が触媒劣化判定値より大きいか否かの比較結果に基いて同触媒が劣化しているか否かを判定すると、その判定精度が良好でないという問題がある。

【0006】

【本発明の概要】

本発明は、上述した課題に対処するためになされたものであって、その特徴は

、内燃機関の排気通路に設けられた触媒が劣化したか否かを判定する触媒劣化判定装置が、前記触媒の劣化の程度に応じて変化する劣化指標値を取得する劣化指標値取得手段と、前記取得された劣化指標値を同劣化指標値に影響を与える因子が所定の値であるときに取得された劣化指標値である規格化後指標値となるよう同因子に基いて補正する指標値規格化手段と、前記規格化後指標値が触媒劣化判定値より大きいか否かについての比較結果に基いて前記触媒が劣化しているか否かを判定する触媒劣化判定手段と、を備えたことにある。

【0007】

これによれば、劣化指標値取得手段により触媒の劣化の程度に応じて変化する劣化指標値が取得される。この劣化指標値は、例えば、触媒の最大酸素吸収量、又は、触媒に流入する空燃比を理論空燃比にフィードバック制御している期間の触媒の上流側空燃比センサの出力が描く軌跡長と同触媒の下流側空燃比センサの出力が描く軌跡長との比（軌跡比）であり、これらに限定されない。

【0008】

そして、この触媒の劣化指標値は、例えば、同劣化指標値を求めた際の同触媒の温度、或いは同劣化指標値を求めた際の同触媒に流入したガスの空燃比等である「劣化指標値に影響を与える因子」に基いて補正され、その結果、同因子が所定の値であるときに取得された劣化指標値、即ち「規格化後指標値」が求められ、この規格化後指標値が触媒劣化判定値より大きいか否かの比較結果に基いて触媒が劣化したか否かが判定される。

【0009】

従って、触媒の劣化程度が同一であれば、劣化指標値を取得したときの前記因子の値が異なっていても、同一の規格化後指標値が得られ、その規格化後指標値と触媒劣化判定値との比較に基いて触媒の劣化判定が行われるので、前記因子の影響を受けて触媒が劣化しているか否かについての判定を誤ることを回避することが可能となる。また、前記因子が前記所定の値と大きく異なる場合に取得される劣化指標値をも触媒劣化判定値との比較による触媒劣化判定に使用できるので、触媒劣化判定の頻度を増大することができる。

【0010】

本発明の他の特徴は、内燃機関の排気通路に設けられた触媒が劣化したか否かを判定する触媒劣化判定装置が、前記触媒の最大酸素吸蔵量を算出する最大酸素吸蔵量算出手段と、前記最大酸素吸蔵量を算出した期間の前記触媒の温度である算出期間中触媒温度を取得する算出期間中触媒温度取得手段と、前記触媒の温度と同触媒の最大酸素吸蔵量との関係を同触媒の劣化程度毎に予め記憶するとともに同劣化程度を特定する特性値を予め記憶した記憶手段と、前記最大酸素吸蔵量が算出された場合に同最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度が所定温度領域内にあるとき、同最大酸素吸蔵量と同算出期間中触媒温度と前記記憶手段に記憶された前記関係及び前記特性値とに基いて同最大酸素吸蔵量が算出された時点での前記触媒の特性値を決定する特性値決定手段と、前記最大酸素吸蔵量が新たに算出された場合に同新たに算出された最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度が前記所定温度領域内にないとき、同新たに算出された最大酸素吸蔵量を、前記触媒が所定の規格化温度であるときの最大酸素吸蔵量である規格化後最大酸素吸蔵量となるように、前記決定された特性値と同規格化温度と同新たに算出された最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度とに基いて補正する規格化手段と、前記規格化手段による補正が適正であるか否かを判定する規格化適正判定手段と、前記規格化適正判定手段により前記補正が適正であると判定されたとき前記規格化後最大酸素吸蔵量が触媒劣化判定値より大きいか否かについての判定結果に基いて前記触媒が劣化しているか否かを判定する触媒劣化判定手段と、を備えたことにある。

【0011】

これによれば、最大酸素吸蔵量が算出されるとともに、同最大酸素吸蔵量を算出した期間の触媒の温度（即ち、算出期間中触媒温度）が取得される。一方、記憶手段には、前記触媒の温度と同触媒の最大酸素吸蔵量との関係が同触媒の劣化程度毎に予め記憶されるとともに、同関係の各々に対応した劣化程度を特定する特性値が同関係に対応されて予め記憶されている。

【0012】

そして、最大酸素吸蔵量が算出された場合に同最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度が所定温度領域内にあるとき、同最大酸素吸蔵量と同算出期間中触媒温度と前記記憶手段に記憶された前記関係及び前記特性値とに基いて同最大酸素吸蔵

量が算出された時点での前記触媒の特性値が決定される。

【0013】

また、前記最大酸素吸蔵量が新たに算出された場合に同新たに算出された最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度が前記所定温度領域内にないとき、同新たに算出された最大酸素吸蔵量が前記決定された特性値と所定の規格化温度と同新たに算出された最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度に基いて補正され、前記触媒が所定の規格化温度であるときの最大酸素吸蔵量である規格化後最大酸素吸蔵量に変換される。同時に、かかる規格化後最大酸素吸蔵量への補正（変換）が適正であるか否かが判定される。

【0014】

そして、前記補正が適正であると判定されたとき、前記規格化後最大酸素吸蔵量が所定の触媒劣化判定値より大きいか否かについての比較結果に基いて、前記触媒の劣化判定が行われる。

【0015】

従って、触媒の温度が規格化温度とは異なる温度であるときに算出された最大酸素吸蔵量が、同規格化温度において算出される最大酸素吸蔵量と同等である規格化後最大酸素吸蔵量に変換され、その規格化後最大酸素吸蔵量と、その規格化温度において劣化と判定すべき触媒のとり得る最大酸素吸蔵量と劣化していないと判定すべき触媒のとり得る最大酸素吸蔵量との間に設定された触媒劣化判定値との比較結果に基いて触媒劣化判定がなされるから、最大酸素吸蔵量を算出したときの触媒温度に拘らず触媒劣化の判定精度を高めることができる。

【0016】

また、規格化後最大酸素吸蔵量を得る際に行われる補正が適正であるか否か、換言すると、前記特性値が現在の触媒の状態に対して適切であるか否かが判定され、同補正が適正であると判定されたときに規格化後最大酸素吸蔵量に基く触媒劣化判定が行われるから、触媒の劣化が進行しているにも関わらず特性値が更新されず、そのために規格化後最大酸素吸蔵量が規格化温度での真の最大酸素吸蔵量に対して過大な値となった場合のように、劣化していると判定すべき触媒が劣化していないと判定されてしまうことを回避することができる。

【0017】

また、最大酸素吸蔵量が前記所定の温度領域外で得られた場合にも、前記補正が適正であると判定される限り規格化後最大酸素吸蔵量に基く触媒劣化判定が行われるから、同触媒が劣化していないとの判定結果を新たに得ることが可能となり、同所定の温度領域内で得られた最大酸素吸蔵量のみに基いて触媒劣化判定を行うものに比べて、触媒劣化判定の頻度を高めることができる。

【0018】

この場合、前記所定温度領域は、同温度領域内で算出される前記触媒の最大酸素吸蔵量が計測誤差により変動したとしても、劣化していると判定すべき触媒の最大酸素吸蔵量と劣化していないと判定すべき触媒の最大酸素吸蔵量とが同じ値となることがない領域に設定され、前記規格化温度は同所定温度領域内の温度であるように設定されることが好適である。

【0019】

これによれば、最大酸素吸蔵量の計測誤差が存在していても、触媒劣化程度が異なるにも関わらず同最大酸素吸蔵量が同じ値とならないので、そのような最大酸素吸蔵量に基づいて決定される前記特性値が、確実に触媒の劣化程度に応じた値となる。また、規格化後最大酸素吸蔵量が、劣化している触媒と劣化していない触媒とで同一の値となることが回避される。従って、触媒劣化判定の精度を一層高めることができる。

【0020】

また、触媒の温度と最大酸素吸蔵量との関係は、触媒の劣化程度に関わらず一次式（直線）により精度良く近似できるので、前記記憶手段が記憶する特性値は、前記触媒の温度と前記触媒の最大酸素吸蔵量との関係を一次式で表わした場合の直線の傾きとすることができます。

【0021】

この場合、前記規格化手段は、前記新たに最大酸素吸蔵量が算出されたときの算出期間中触媒温度と前記規格化温度との差に前記決定された特性値である一次式の傾きを乗じることにより補正量を求めるとともに、同補正量を用いて同新たに算出された最大酸素吸蔵量を補正することにより前記規格化後最大酸素吸蔵量

を求めるように構成され、前記規格化適正判定手段は、前記規格化後最大酸素吸蔵量を求める際に使用された前記新たに算出された最大酸素吸蔵量に対する前記補正量の比、又は同新たに算出された最大酸素吸蔵量に対する前記決定された傾きの比に基いて前記補正が適正であるか否かを判定するように構成されることが好適である。

【0022】

このように、最大酸素吸蔵量と算出期間中触媒温度との関係を一次式により近似し、その近似に従って規格化のための補正量を求め、求めた補正量により規格化後最大酸素吸蔵量を求めれば、簡単な演算により同規格化後最大酸素吸蔵量を求めることができる。また、このような場合、前記新たに算出された最大酸素吸蔵量に対する前記補正量の比、又は同新たに算出された最大酸素吸蔵量に対する前記決定された傾きの比は、前記補正が適正である限り所定の値を超えないことが実験的に確かめられているから、同比を用いて同補正が適正であるか否かを簡単に判定することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による触媒劣化判定装置を含む内燃機関の空燃比制御装置の実施形態について図面を参照しつつ説明する。図1は、この空燃比制御装置を火花点火式多気筒（4気筒）内燃機関10に適用したシステムの概略構成を示している。

【0024】

この内燃機関10は、シリンダブロック、シリンダブロックロワーケース、及びオイルパン等を含むシリンダブロック部20と、シリンダブロック部20の上に固定されるシリンダヘッド部30と、シリンダブロック部20にガソリン混合気を供給するための吸気系統40と、シリンダブロック部20からの排気ガスを外部に放出するための排気系統50とを含んでいる。

【0025】

シリンダブロック部20は、シリンダ21、ピストン22、コンロッド23、及びクランク軸24を含んでいる。ピストン22はシリンダ21内を往復動し、

ピストン22の往復動がコンロッド23を介してクランク軸24に伝達され、これにより同クランク軸24が回転するようになっている。シリンダ21とピストン22のヘッドは、シリンダヘッド部30とともに燃焼室25を形成している。

【0026】

シリンダヘッド部30は、燃焼室25に連通した吸気ポート31、吸気ポート31を開閉する吸気弁32、吸気弁32を駆動するインテークカムシャフトを含むとともに同インテークカムシャフトの位相角を連続的に変更する可変吸気タイミング装置33、可変吸気タイミング装置33のアクチュエータ33a、燃焼室25に連通した排気ポート34、排気ポート34を開閉する排気弁35、排気弁35を駆動するエキゾーストカムシャフト36、点火プラグ37、点火プラグ37に与える高電圧を発生するイグニッショングループを含むイグナイタ38、及び燃料を吸気ポート31内に噴射するインジェクタ（燃料噴射手段）39を備えている。

【0027】

吸気系統40は、吸気ポート31に連通し同吸気ポート31とともに吸気通路を形成するインテークマニホールドを含む吸気管41、吸気管41の端部に設けられたエアフィルタ42、吸気管41内にあって吸気通路の開口断面積を可変とするスロットル弁43、スロットル弁駆動手段を構成するDCモータからなるスロットル弁アクチュエータ43a、スワールコントロールバルブ（以下、「SCV」と称呼する。）44、及びDCモータからなるSCVアクチュエータ44aを備えている。

【0028】

排気系統50は、排気ポート34に連通したエキゾーストマニホールド51、エキゾーストマニホールド51に接続されたエキゾーストパイプ（排気管）52、エキゾーストパイプ52に配設（介装）された上流側の三元触媒53（上流側触媒コンバータ、又はスタート・キャタリティック・コンバータとも云うが、以下「第1触媒53」と称呼する。）、及びこの第1触媒53の下流のエキゾーストパイプ52に配設（介装）された下流側の三元触媒54（車両のフロア下方に配設されるため、アンダ・フロア・キャタリティック・コンバータとも云うが、

以下「第2触媒54」と称呼する。)を備えている。排気ポート34、エキゾーストマニホールド51、及びエキゾーストパイプ52は、排気通路を構成している。

【0029】

一方、このシステムは、熱線式エアフローメータ61、スロットルポジションセンサ62、カムポジションセンサ63、クランクポジションセンサ64、水温センサ65、第1触媒53の上流の排気通路に配設された空燃比センサ66(以下、「上流側空燃比センサ66」と称呼する。)、第1触媒53の下流であって第2触媒54の上流の排気通路に配設された空燃比センサ67(以下、「下流側空燃比センサ67」と称呼する。)、及びアクセル開度センサ68を備えている。

【0030】

熱線式エアフローメータ61は、吸気管41内を流れる吸入空気の単位時間あたりの質量流量に応じた電圧Vgを出力するようになっている。かかるエアフローメータ61の出力Vgと、計測された吸入空気量(流量)Gaとの関係は、図2に示したとおりである。スロットルポジションセンサ62は、スロットル弁43の開度を検出し、スロットル弁開度TAを表す信号を出力するようになっている。カムポジションセンサ63は、インテークカムシャフトが90°回転する毎に(即ち、クランク軸24が180°回転する毎に)一つのパルスを有する信号(G2信号)を発生するようになっている。クランクポジションセンサ64は、クランク軸24が10°回転する毎に幅狭のパルスを有するとともに同クランク軸24が360°回転する毎に幅広のパルスを有する信号を出力するようになっている。この信号は、エンジン回転速度NEを表す。水温センサ65は、内燃機関10の冷却水の温度を検出し、冷却水温THWを表す信号を出力するようになっている。

【0031】

上流側空燃比センサ66は、限界電流式の酸素濃度センサであり、図3に示したように、空燃比A/Fに応じた電流を出力し、この電流に応じた電圧vabyfsを出力するようになっている。図3から明らかなように、上流側空燃比センサ66によれば、広範囲にわたる空燃比A/Fを精度良く検出することができる。下流

側空燃比センサ67は、起電力式（濃淡電池式）の酸素濃度センサであり、図4に示したように、理論空燃比において急変する電圧 V_{OxS} を出力するようになっている。より具体的に述べると、下流側空燃比センサ67は、空燃比が理論空燃比よりもリーンのときは略0.1(V)、空燃比が理論空燃比よりもリッチのときは略0.9(V)、及び空燃比が理論空燃比のときは略0.5(V)の電圧を出力するようになっている。アクセル開度センサ68は、運転者によって操作されるアクセルペダル81の操作量を検出し、同アクセルペダル81の操作量Accpを表す信号を出力するようになっている。

【0032】

電気制御装置70は、互いにバスで接続されたCPU71、CPU71が実行するルーチン（プログラム）、テーブル（ルックアップテーブル、マップ）、及び定数等を予め記憶したROM72、CPU71が必要に応じてデータを一時的に格納するRAM73、電源が投入された状態でデータを格納するとともに同格納したデータを電源が遮断されている間も保持するバックアップRAM74、並びにADコンバータを含むインターフェース75等からなるマイクロコンピュータである。インターフェース75は、前記センサ61～68と接続され、CPU71にセンサ61～68からの信号を供給するとともに、同CPU71の指示に応じて可変吸気タイミング装置33のアクチュエータ33a、イグナイタ38、インジェクタ39、スロットル弁アクチュエータ43a、及びSCVアクチュエータ44aに駆動信号を送出するようになっている。

【0033】

（通常時の制御の概要）

次に、上記のように構成された空燃比制御装置が行う制御の概要について説明する。

【0034】

第1触媒53（第2触媒54も同様である。）は、同第1触媒53に流入するガスの空燃比が理論空燃比であるときに、HC, COを酸化するとともにNO_xを還元し、これらの有害成分を高い効率で浄化する。また、第1触媒53は、酸素を貯蔵（吸蔵）する機能（酸素貯蔵機能）を有し、この酸素貯蔵機能により、

空燃比が理論空燃比からある程度まで偏移したとしても、HC, CO、及びNO_xを浄化することができる。即ち、機関の空燃比がリーンとなって第1触媒53に流入するガスにNO_xが多量に含まれると、第1触媒53はNO_xから酸素分子を奪って同酸素分子を吸収するとともに同NO_xを還元し、これによりNO_xを浄化する。また、機関の空燃比がリッチになって第1触媒53に流入するガスにHC, COが多量に含まれると、三元触媒はこれらに吸収している酸素分子を与えて酸化し、これによりHC, COを浄化する。

【0035】

従って、第1触媒53が連続的に流入する多量のHC, COを効率的に浄化するためには、同第1触媒53が酸素を多量に貯蔵していかなければならず、逆に連続的に流入する多量のNO_xを効率的に浄化するためには、同第1触媒53が酸素を十分に貯蔵し得る状態になければならないことになる。以上のことから、第1触媒53の浄化能力は、同第1触媒53が貯蔵し得る最大の酸素量（最大酸素吸収量）に依存する。

【0036】

一方、第1触媒53のような三元触媒は燃料中に含まれる鉛や硫黄等による被毒、或いは触媒に加わる熱により劣化し、これに伴い最大酸素吸収量が次第に低下していく。このように最大酸素吸収量が低下した場合であっても、エミッションを良好に維持するには、第1触媒53から排出されるガスの空燃比（従って、第1触媒53に流入するガスの平均空燃比）が、理論空燃比に極めて近い状態となるように制御する必要がある。

【0037】

そこで、本実施形態の空燃比制御装置は、機関10の排気に関する状態量の一つである下流側空燃比センサ67の出力が理論空燃比に略相当する目標値V_{oxsref}となるように、下流側空燃比センサ67の出力V_{oxs}（即ち、第1触媒下流の空燃比）に応じて機関10に供給される混合気の空燃比（即ち、機関の空燃比）を制御する。

【0038】

より具体的に述べると、空燃比制御装置は、下流側空燃比センサ67の出力が

理論空燃比よりリーンの空燃比を表す値となると、下流側空燃比センサ67の出力 V_{oxs} と理論空燃比に略相当する目標値 V_{oxsref} との偏差を比例・積分処理（P-I処理）してサブフィードバック制御量 v_{afsf} を求め、同サブフィードバック制御量 v_{afsf} 分だけ上流側空燃比センサ66の出力 v_{abyfs} を補正する。これにより、機関の実際の空燃比が、同上流側空燃比センサ66の検出空燃比よりも見かけ上リーン側であるように設定される。

【0039】

そして、その補正した見かけ上の空燃比が理論空燃比である目標空燃比 $abyfr$ と等しくなるように、機関に供給する燃料量（燃料噴射量）を調整するためのフィードバック制御量 F_Di を算出するとともに、機関の一吸気行程における筒内吸入空気量に相当する値 M_c を理論空燃比で除した値（即ち、基本燃料噴射量 F_{base} ）を前記算出したフィードバック補正量 F_Di により補正し、その補正した燃料噴射量をインジェクタ39から噴射することで、機関の空燃比のフィードバック制御を実行する。

【0040】

同様に、下流側空燃比センサ67の出力が理論空燃比よりリッチの空燃比を表す値となると、下流側空燃比センサ67の出力 V_{oxs} と理論空燃比に略相当する目標値 V_{oxsref} との偏差を比例・積分処理（P-I処理）してサブフィードバック制御量 v_{afsf} を求め、同サブフィードバック制御量 v_{afsf} 分だけ上流側空燃比センサ66の出力 v_{abyfs} を補正し、これにより、機関の実際の空燃比が、同上流側空燃比センサ66の検出空燃比よりも見かけ上リッチ側であるように設定し、その補正した見かけ上の空燃比が理論空燃比である目標空燃比 $abyfr$ となるようにフィードバック制御する。以上により、第1触媒53の上流の空燃比が理論空燃比と一致するようにフィードバック制御される。

【0041】

(触媒劣化判定時の制御の概要)

上述したように、触媒が劣化するに従って同触媒の最大酸素吸蔵量は次第に低下していく。即ち、最大酸素吸蔵量は、触媒の劣化の程度に応じて変化する劣化指標値である。一方、最大酸素吸蔵量は触媒温度によっても変化する。そこで、

本空燃比制御装置は、触媒（本例では第1触媒53）の実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} を算出・推定し、この実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} を補正して同触媒が一定の温度（以下、「規格化温度」と称呼する。）であるときに取るであろう最大酸素吸蔵量 C_{max} （以下、「規格化後最大酸素吸蔵量 $C_{maxnorm}$ 」と称呼する。）を求め、同規格化後最大酸素吸蔵量 $C_{maxnorm}$ が触媒劣化判定用の閾値（以下、「触媒劣化判定値」とも称呼する。） C_{maxth} より小さいか否かを判定することにより、第1触媒53が劣化したか否かを判定する。以下、より具体的に説明する。

【0042】

<実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} の求め方>

先ず、本空燃比制御装置は、図5（A）に示したように、時刻 t_1 にて第1触媒53の上流のガスの空燃比（即ち、機関に供給される混合気の空燃比）を理論空燃比よりもリーンな所定の設定リーン空燃比abyfLeanに制御する。

【0043】

これにより、第1触媒53にリーンな空燃比のガスが流入するから、図5（C）に示したように、第1触媒53の酸素吸蔵量OSAは次第に増大し、時刻 t_2 にて最大酸素吸蔵量 C_{max2} に達する。この結果、時刻 t_2 にて、第1触媒53から酸素を含むガス（リーン空燃比のガス）が流出し始め、図5（B）に示したように、下流側空燃比センサ67の出力Voxsは理論空燃比よりリッチを示す値から理論空燃比よりリーンを示す値に変化する。この時刻 $t_1 \sim t_2$ 間の作動を第1モード（Mode=1）における作動と呼ぶ。

【0044】

時刻 t_2 にて、下流側空燃比センサ67の出力Voxsがリッチを示す値からリーンを示す値に変化すると、本装置は第1触媒53の上流のガスの空燃比を理論空燃比よりもリッチな所定の設定リッチ空燃比abyfRichに制御する。

【0045】

この結果、第1触媒53にリッチな空燃比のガスが流入するため、第1触媒53の酸素が同第1触媒53に流入する未燃HC, COの酸化のために消費され、第1触媒53の酸素吸蔵量は最大酸素吸蔵量 C_{max2} から減少していく。そして、時刻 t_3 になると、第1触媒53の酸素吸蔵量は「0」となるから、第1触媒5

3からリッチ空燃比のガスが流出し始め、下流側空燃比センサ67の出力Voxsはリーンを示す値からリッチを示す値に変化する。この時刻t2～t3間の作動を第2モード（Mode=2）における作動と呼ぶ。

【0046】

本空燃比制御装置は、かかる時刻t2～t3において、以下のようにして第1触媒53の最大酸素吸蔵量Cmaxを最大酸素吸蔵量Cmax2として推定する。即ち、第1触媒上流空燃比を設定リッチ空燃比に設定した時刻t2から、下流側空燃比センサ67の出力Voxsがリッチを示す値に変化する時刻t3までの間、下記数1、及び下記数2に基いて酸素吸蔵量の変化量△O2を算出するとともにこれを積算し、同時刻t3での積算値を最大酸素吸蔵量Cmax2として算出する。

【0047】

【数1】

$$\Delta O2 = 0.23 \cdot mfr \cdot (stoich - abyfs)$$

【0048】

【数2】

$$Cmax3 = \sum \Delta O2 \text{ (区間 } t = t_2 \sim t_3 \text{)}$$

【0049】

上記数1において、値「0.23」は大気中に含まれる酸素の重量割合である。mfrは所定時間（計算周期tsample）内の燃料噴射量Fiの合計量であり、stoichは理論空燃比（例えば、14.7）である。abyfsは所定時間tsampleにおいて上流側空燃比センサ66により検出された空燃比A/Fである。なお、abyfsは前記所定時間tsample内の上流側空燃比センサ66により検出された空燃比A/Fの平均値としてもよい。

【0050】

この数1に示したように、所定時間tsample内の噴射量の合計量mfrに、検出された空燃比A/Fの理論空燃比からの偏移（stoich - abyfs）を乗じることで、同所定時間tsampleにおける空気の不足量が求められ、この空気の不足量に酸素の重量割合を乗じることで同所定時間tsampleにおける酸素吸蔵量変化量（吸蔵酸素の消費量）△O2が求められる。そして、数2に示したように、酸素吸

蔵量変化量 ΔO_2 を時刻 $t_2 \sim t_3$ に渡って積算することで、第1触媒53が酸素を最大限貯蔵していた状態から酸素を総べて消費した状態となるまでの酸素消費量、即ち最大酸素吸蔵量 C_{max2} が推定・算出される。

【0051】

なお、本実施形態においては、時刻 $t_2 \sim t_3$ 間で第1触媒上流空燃比は一定の設定リッチ空燃比abyfRichに制御されるから、この期間で筒内吸入空気量 M_c が一定である場合には、時刻 $t_2 \sim t_3$ までの時間を Δt_2 、その間における単位時間当りの燃料供給量を $m_f r_2$ とすれば、上記数1及び上記数2から、最大酸素吸蔵量 C_{max2} は $0.23 \cdot m_f r_2 \cdot (stoich - abyfRich) \cdot \Delta t_2$ として簡単に求めることもできる。

【0052】

時刻 t_3 にて、下流側空燃比センサ67の出力がリーンを示す値からリッチを示す値に変化すると、本装置は第1触媒53の上流空燃比を理論空燃比よりもリーンな前記設定リーン空燃比abyfLeanに制御する。これにより、第1触媒53にリーンな空燃比のガスが流入する。また、時刻 t_3 の時点においては、第1触媒53の酸素吸蔵量は「0」となっている。従って、時刻 t_3 以降において、第1触媒53内の酸素吸蔵量は「0」から増大し続け、時刻 t_4 にて最大酸素吸蔵量 C_{max3} に達する。この結果、時刻 t_4 にて、第1触媒53から酸素を含む理論空燃比よりもリーンなガスが流出し始め、下流側空燃比センサ67の出力Voxsはリッチを示す値からリーンを示す値に変化する。この時刻 $t_3 \sim t_4$ 間の作動を第3モード（Mode=3）における作動と称呼する。

【0053】

本装置は、かかる時刻 $t_3 \sim t_4$ 間においても、以下のようにして第1触媒53の最大酸素吸蔵量 C_{max} を最大酸素吸蔵量 C_{max3} として推定する。即ち、時刻 t_3 において第1触媒53の酸素吸蔵量は「0」であり、下流側空燃比センサ67の出力Voxsがリーン空燃比を示す値となった時刻 t_4 では、第1触媒53の酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量 C_{max} に到達したことを意味するから、時刻 $t_3 \sim t_4$ までの間、下記数3及び下記数4に基いて酸素吸蔵量の変化量 ΔO_2 を算出するとともにこれを積算し、同時刻 t_4 での積算値を最大酸素吸蔵量 C_{max3} として推

定・算出する。

【0054】

【数3】

$$\Delta O_2 = 0.23 \cdot m_f r \cdot (abyfs - stoich)$$

【0055】

【数4】

$$C_{max5} = \sum \Delta O_2 \text{ (区間 } t = t_3 \sim t_4 \text{)}$$

【0056】

この数3に示したように、所定時間tsample内の噴射量の合計量m f rに、空燃比A／Fの理論空燃比からの偏移(abyfs - stoich)を乗じることで、同所定時間tsampleにおける空気の過剰量が求められ、この空気の過剰量に酸素の重量割合を乗じることで同所定時間tsampleにおける酸素吸蔵量変化量(吸蔵酸素量)ΔO2が求められる。そして、数4に示したように、酸素吸蔵量変化量ΔO2を時刻t3～t4に渡って積算することで、第1触媒53の酸素吸蔵量が「0」である状態から酸素を最大限に吸蔵する状態となるまでの酸素量、即ち最大酸素吸蔵量Cmax3が推定・算出される。

【0057】

なお、この場合においても、時刻t3～t4間で第1触媒上流空燃比は一定の設定リーン空燃比abyfLeanに制御されるから、この期間で筒内吸入空気量M cが一定である場合には、時刻t3～t4までの時間をΔt3、設定リーン空燃比をabyfLean、その間における単位時間当りの燃料供給量をm f r3とすれば、最大酸素吸蔵量Cmax3は $0.23 \cdot m_f r_3 \cdot (abyfLean - stoich) \cdot \Delta t_3$ として簡単に求めることもできる。

【0058】

一方、本装置は、機関の吸入空気流量G a等の運転状態に基いて、時刻t2～t4、即ち第2モードと第3モードの期間(実最大酸素吸蔵量CmaxR算出期間)における触媒の平均温度を算出期間中触媒温度Taveとして算出するとともに、同期間中の吸入空気流量G aの平均値を算出期間中吸入空気流量G a aveとして算出しておく。

【0059】

そして、本装置は、時刻 t_4 にて機関に吸入される混合気の空燃比を理論空燃比に戻す上述した空燃比フィードバック制御を再開するとともに、同時刻 t_4 以降において、上記のように求めた最大酸素吸蔵量 C_{max2} 及び C_{max3} の平均値を第1触媒 53 の実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} として算出する。以上が、第1触媒 53 の実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} の算出原理である。

【0060】

＜実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} の規格化の必要性と規格化、及び触媒劣化判定＞

次に、上記のようにして算出された実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} の規格化の必要性と、その規格化方法、及び規格化された最大酸素吸蔵量 C_{max} に基く触媒劣化判定方法について説明する。

【0061】

図6は、実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} と、同実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} の算出期間中触媒温度 T_{ave} との関係を示すグラフであり、図中ライン L1 は劣化が全く生じていない触媒（以下、「新品の触媒」と称呼する。）、ライン L2 は劣化がやや進行した触媒（以下、「中劣化触媒」と称呼する。）、及びライン L3 は劣化が更に進行し劣化触媒であると判定しなければならない触媒（以下、「大劣化触媒」と称呼する。）についての特性をそれぞれ示している。

【0062】

図6から明らかなように、新品の触媒と大劣化触媒にあっては、算出期間中触媒温度 T_{ave} が変化しても実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} は殆ど変化しない。これに対し、中劣化触媒にあっては、算出期間中触媒温度 T_{ave} が上昇するにつれて実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} が次第に大きくなる。

【0063】

この点に関して更に説明すると、図7は、図6と同様に、実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} と、算出期間中触媒温度 T_{ave} との関係を示したグラフであり、図中ライン L4 は劣化は開始しているものの未だ浄化能力は高く、劣化したと判定する必要のない中劣化触媒についての特性を、ライン L5 は劣化が進行して浄化能力が低下したために劣化したと判定する必要のある大劣化触媒についての特性をそれぞ

れ示している。また、図中の太線の矢印は実最大酸素吸蔵量C_{maxR}の不可避的な測定誤差の範囲を示し、一点鎖線は触媒劣化判定値C_{maxth}を示している。

【0064】

この図7から明らかなように、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}と触媒劣化判定値C_{maxth}との比較結果に基いて触媒が劣化したか否かを判定する際、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}の測定誤差が生じても同判定を誤らないようにするためには、中劣化触媒の実最大酸素吸蔵量C_{maxR}（ラインL4）が常に触媒劣化判定値C_{maxth}より大きく、大劣化触媒の実最大酸素吸蔵量C_{maxR}（ラインL5）が常に触媒劣化判定値C_{maxth}より小さくなっていることが必要であり、そのような実最大酸素吸蔵量C_{maxR}が得られるように、同実最大酸素吸蔵量C_{maxR}を算出する算出期間中触媒温度を限定しなければならない。その結果、通常の運転中に触媒温度はT1～T6の温度となるのに対し、触媒劣化判定のための実最大酸素吸蔵量C_{maxR}を算出できる温度（算出期間中触媒温度T_{ave}）はT3～T4と極めて限定される。この結果、触媒劣化の判定頻度が低下するのである。

【0065】

更に、本発明者は、触媒がある程度活性化した温度領域（通常の機関の運転状態において触媒が取り得る温度領域）において、算出期間中触媒温度T_{ave}と実最大酸素吸蔵量C_{maxR}との関係について検討を重ねたところ、両者の間に図8に示したような関係があることを見い出した。なお、図8においては、新品の触媒（全く劣化していない触媒）の特性がラインL11で示され、順に劣化が進んだ触媒の特性がそれぞれラインL12、L13、L14で示されるとともに、完全に劣化してしまった触媒の特性がラインL15で示されている。

【0066】

即ち、図8から明らかなように、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}は算出期間中触媒温度T_{ave}に対し略比例的に単調増加し、これらの間の関係は一次式（直線）で近似することができる。また、新品の触媒の実最大酸素吸蔵量C_{maxR}は算出期間中触媒温度T_{ave}に依存せず、算出期間中触媒温度T_{ave}に対する最大酸素吸蔵量C_{max}の傾きK_a（=C_{max}/T_{ave}）は略「0」となっている（傾きK_{a1}を参照）。そして、ラインL12とL13とから明らかなように、新品の触媒から次

第に劣化するに従って、傾き K_a が略「0」から次第に大きくなる ($K_a1 < K_a2 < K_a3$)。更に、ライン L13～L15から明らかなように、触媒の劣化が一層進行するにつれて傾き K_a は逆に小さくなり ($K_a3 > K_a4$)、完全に劣化した触媒では同傾き K_a (= K_a5) は再び略「0」となるのである。

【0067】

そこで、本装置においては、図8に示した関係（算出期間中触媒温度 T_{ave} と同触媒の実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} との関係）を同触媒の劣化程度毎に予め求めておき、この関係と同関係の各々に対応した触媒の劣化程度を特定する特性値である傾き K_a を記憶手段としてのROM72内に傾き決定用マップとして格納しておく。また、劣化触媒でないと判定すべき触媒の実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} と劣化触媒であると判定すべき触媒の実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} とが同一の値を取ることがないような触媒温度領域（この領域は、本例では図7に示した従来の触媒劣化検出領域である $T_3 \sim T_4$ の温度領域と等しく選ばれ、以下、単に「学習領域」と称呼する。）で得られた実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} と、その実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} を得たときの算出期間中触媒温度 T_{ave} と、前記傾き決定用マップとに基いてその時点での傾き K_a を決定し、決定した傾き K_a をバックアップRAM74内に格納しておく。即ち、傾き K_a を学習する。

【0068】

そして、上記学習領域以外の温度領域で新たに実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} が得られたとき、その場合の算出期間中触媒温度 T_{ave} と比例式である下記数5に基いて、同新たに得られた実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} を所定の触媒温度 T_{cs} において得られた最大酸素吸蔵量 C_{max} へと補正・規格化し、この規格化後最大酸素吸蔵量 $C_{maxnorm}$ が触媒劣化判定値 C_{maxth} より小さいとき、触媒が劣化したと判定する。なお、前記温度 T_{cs} は、以下において「規格化温度」と称呼する温度であり、学習領域 $T_3 \sim T_4$ 内の所定の温度に選択されている。

【0069】

【数5】

$$C_{maxnorm} = C_{maxR} + K_a \cdot (T_{cs} - T_{ave})$$

【0070】

図9は、上記数5による規格化の作動を概念的に示すグラフである。このように、劣化は開始しているものの未だ浄化能力は高く劣化触媒であると判定する必要のない正常触媒の実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} （実線）は、上記数5に基いて規格化されて破線で示した規格化後最大酸素吸蔵量 $C_{maxnorm}$ となり、劣化触媒であると判定すべき触媒の実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} は、傾き K_a が「0」であることから規格化前後で変化せず、一点鎖線で示した規格化後最大酸素吸蔵量 C_{maxnor} となる。

【0071】

この結果、特に触媒温度が相対的に低い温度であるときに計測誤差により同一の値として計測されることがある正常触媒（劣化していないと判定すべき触媒）と劣化触媒（劣化していると判定すべき触媒）の各最大酸素吸蔵量 C_{maxR} が、上記規格化により明らかに異なる値へと補正されるので、規格化後の最大酸素吸蔵量 $C_{maxnorm}$ が一定の閾値である触媒劣化判定値 C_{maxth} （図9において、一点鎖線と破線との間に設定される閾値）より大きいか小さいかを判定することで、触媒が劣化しているか否かを精度良く判定可能となる。換言すると、触媒劣化判定を行い得る（触媒劣化判定に使用する実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} を取得・算出し得る）触媒温度領域を、図6のT3～T4である従来の温度領域に対し、温度領域T1～T6のように格段に拡張することができ、その結果、触媒劣化判定の頻度を増加することができる。

【0072】

<傾き K_a の学習条件>

次に、上記傾き K_a の学習条件等について更に説明を加える。上述したように、傾き K_a は実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} の算出期間中触媒温度 T_{ave} が学習領域T3～T4にあるときに得られた同実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} と傾き決定用マップに基いて決定される。

【0073】

しかしながら、車両が工場から出荷された直後である場合、或いは、車両のバッテリが取り外されて電気制御装置70への電力供給が遮断される等の理由によりバックアップRAM74内に格納していた傾き K_a の値が破壊・消失した場合

、算出期間中触媒温度 T_{ave} が上記学習領域内に到達しない運転状態が続くことにより、正しい傾き K_a が得られるまでに長期間を要することがあり、その場合、傾き K_a が得られるまで触媒劣化判定を行わないとすると、実際に触媒が劣化していても、触媒が劣化しているとの判定が遅れる場合があり得る。

【0074】

そこで、本装置は、傾き K_a が得られていない場合、図7に示した通常走行時の温度領域 $T_1 \sim T_6$ よりも狭く、学習領域 $T_3 \sim T_4$ より広い温度領域 $T_2 \sim T_5$ を仮学習領域として定め、実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} が得られたときの算出期間中触媒温度 T_{ave} が同仮学習領域 $T_2 \sim T_5$ の範囲内にあれば、その実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} が閾値 C_{maxth} より小さいか否かに基いて触媒が劣化したか否かを判定するとともに、同実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} と前記傾き決定用マップとに基いて傾き K_a を決定し、以降、同傾き K_a を用いて実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} を規格化して触媒劣化判定を行う。これにより、触媒が劣化した場合、より早く触媒が劣化しているとの判定を得ることができる。

【0075】

なお、傾き K_a が得られていない場合、実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} が得られたときの算出期間中触媒温度 T_{ave} が同仮学習領域 $T_2 \sim T_5$ の範囲内にあれば、その実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} をバックアップ RAM 内に格納し、そのような実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} が複数個得られたときに、それらの平均値を求め、その平均値が閾値 C_{maxth} より小さいか否かに基いて触媒が劣化したか否かを判定すように構成してもよい。また、その平均値と前記傾き決定用マップとに基いて傾き K_a を決定するように構成してもよい。

【0076】

<誤った規格化の防止>

本装置は、更に、誤った規格化が行われてしまうことを回避するため（1）傾き K_a の強制的クリア、及び（2）規格化に伴う補正率の監視を行う。以下、順に説明する。

【0077】

(1) 傾き K_a の強制的クリア

所定回のトリップ（イグニッシュョンスイッチが「オフ」から「オン」へと変更されてから再び「オフ」へと変更されるまでを「一回のトリップ」と称呼する。）を経ても傾きK_aが更新されなかった場合、触媒の劣化が進行して傾きK_aが変化している可能性がある。

【0078】

そこで、本装置は、所定回のトリップ内に傾きK_aが更新されなかった場合、傾きK_aをクリアし、工場出荷直後又はバッテリ取り外し後と同様な傾きK_aを仮学習領域で学習する上述した制御に移行する。これによれば、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}の誤った規格化を回避して、触媒劣化判定精度を向上することができる。また、触媒が劣化しているのにも関わらず、同触媒は劣化していないとする判定が続くことが回避され得る。

【0079】

(2) 補正率の監視

補正率Hoseirituは、下記数6により定義される値である。即ち、下記数6の右辺の分子である規格化温度T_{cs}と算出期間中触媒温度T_{ave}との差(T_{cs}-T_{ave})に傾きK_aを乗じた値は上記規格化による実最大酸素吸蔵量C_{maxR}の補正量であるから、同補正率Hoseirituは、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}に対する規格化による補正量の比の値である。

【0080】

【数6】

$$\text{Hoseiritu} = K_a \cdot (T_{cs} - T_{ave}) / C_{maxR}$$

【0081】

この補正率Hoseirituは、規格化が正しく行われているとき所定値（補正異常判定値H_{t h}）より小さく、規格化が正しく行われていないとき同補正異常判定値H_{t h}より大きくなる。このことは、傾きK_aと同一触媒温度条件下での（触媒温度がある一定の温度である場合の）最大酸素吸蔵量C_{max}との関係を示した図10に示したように、傾きK_aは最大酸素吸蔵量C_{max}に対して正規分布状に変化するから、その比(K_a / C_{max})が同図10の直線LTの傾きよりも小さくなることから明らかである。なお、以上のこととは、実験によっても確認された

【0082】

そこで、本装置は、補正率Hoseirituが補正異常判定値Ht hより大きくなつたか否かを監視し、補正率Hoseirituが補正異常判定値Ht hより大きくなつた場合には、規格化が正しく行われていないものとして傾きKaをクリアし、工場出荷直後又はバッテリ取り外し後と同様な傾きKaを仮学習領域で学習する上述した制御に移行する。これによれば、実最大酸素吸蔵量CmaxRの誤った規格化を回避して、触媒劣化判定精度を向上することができる。

【0083】

<触媒に流入するガス量の影響分に対する対策と触媒劣化判定>

実最大酸素吸蔵量CmaxRは、触媒に流入するガス流量（従って、機関の吸入空気流量G a）にも依存して変化する。そこで、本装置は、吸入空気流量G aに対する触媒劣化判定値Cmaxthの関係（一般には、吸入空気流量G aが大きい程Cmaxthが小さくなる関係）を規定した閾値決定用マップをROM72内に格納しておき、この閾値決定用マップと、最大酸素吸蔵量Cmaxの算出期間中における吸入空気流量G aの平均値である算出期間中吸入空気流量G aveに基いて触媒劣化判定値Cmaxthを決定し、前記規格化された最大酸素吸蔵量Cmaxnormと、かかる触媒劣化判定値Cmaxthとを比較し、同規格化後最大酸素吸蔵量Cmaxnormが同触媒劣化判定値Cmaxthより大きいとき触媒は劣化しておらず正常であり、同規格化後最大酸素吸蔵量Cmaxnormが同触媒劣化判定値Cmaxth以下であるとき触媒は劣化している判定する。以上が、本発明の実施形態に係る触媒劣化判定装置の触媒劣化判定に関する作動原理である。

【0084】

(実際の作動)

次に、上記空燃比制御装置の実際の作動について説明する。

【0085】

<通常の空燃比のフィードバック制御>

CPU71は、図11にフローチャートにより示した最終燃料噴射量Fiの計算、及び燃料噴射の指示を行うルーチンを、各気筒のクランク角が各吸気上死点

前の所定クランク角度（例えば、B T D C 9 0° CA）となる毎に、繰り返し実行するようになっている。従って、任意の気筒のクランク角度が前記所定クランク角度になると、C P U 7 1はステップ1100から処理を開始してステップ1105に進み、エアフローメータ61により計測された吸入空気流量G_aと、エンジン回転速度NEとに基いて、機関の空燃比を理論空燃比とするための基本燃料噴射量F_{base}を求める。具体的には、エアフローメータ61が計測している吸入空気流量G_aに一次遅れ処理を施した値（吸入空気量に応じた値）をエンジン回転速度NEで除することで筒内吸入空気量M_cを算出し、これを目標空燃比である理論空燃比で除する関数fにより基本燃料噴射量F_{base}を求める。

【0086】

次いで、C P U 7 1はステップ1110に進み、基本燃料噴射量F_{base}に係数Kを乗じた値に後述する空燃比フィードバック補正量（メインフィードバック制御量）D F_iを加えた値を最終燃料噴射量F_iとして設定する。この空燃比設定係数Kの値は、目標空燃比が理論空燃比であるとき「1」であり、機関の暖機前等において目標空燃比を理論空燃比よりリッチな空燃比とする場合、「1」より大きい値に設定される。

【0087】

次いで、C P U 7 1はステップ1115に進み、同ステップ1115にて同最終燃料噴射量F_iの燃料を噴射するための指示をインジェクタ39に対して行い、続くステップ1120に進んでその時点の燃料噴射量合計量m_{f_r}に最終燃料噴射量F_iを加えた値を、新たな燃料噴射量積算値m_{f_r}に設定する。この燃料噴射量積算値m_{f_r}は、後述する酸素吸収量を算出する際に用いられる。その後、C P U 7 1はステップ1195に進み、本ルーチンを一旦終了する。以上により、フィードバック補正された最終燃料噴射量F_iの燃料が吸気行程を迎える気筒に対して噴射される。

【0088】

次に、上記メインフィードバック制御量D F_iを算出する際の作動について説明すると、C P U 7 1は図12にフローチャートにより示したルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、C P

U71はステップ1200から処理を開始し、ステップ1205に進んで空燃比フィードバック制御条件（メインフィードバック条件）が成立しているか否かを判定する。この空燃比フィードバック制御条件は、例えば、機関の冷却水温THWが第1所定温度以上であり、機関の一回転当たりの吸入空気量（負荷）が所定値以下であり、上流側空燃比センサ66が正常であり、且つ、後述する空燃比強制設定制御実行中フラグXHANの値が「0」であって最大酸素吸蔵量Cmax算出のために強制的に空燃比を変更する空燃比制御（アクティブ制御）を実行していないときに成立する。

【0089】

なお、空燃比強制設定制御実行中フラグXHANは、後述するように、その値が「1」のとき最大酸素吸蔵量Cmax算出のために強制的に空燃比を変更する空燃比制御を実行していることを示し、その値が「0」のとき同最大酸素吸蔵量Cmax算出のための空燃比制御を実行していないことを示す。

【0090】

いま、空燃比フィードバック制御条件が成立しているものとして説明を続けると、CPU71はステップ1205にて「Yes」と判定してステップ1210に進み、現時点の上流側空燃比センサ66の出力vabyfsと後述するサブフィードバック制御量vafsfbとの和（vabyfs+vafsfb）を図3に示したマップに基いて変換することにより、現時点におけるメインフィードバック制御用空燃比abyfsを求める。このメインフィードバック制御用空燃比abyfsが、上流側空燃比センサ66の出力をサブフィードバック制御量vafsfbにより補正した第1触媒53の上流における上記「見かけ上の空燃比」である。

【0091】

次に、CPU71はステップ1215に進み、現時点からNストローク（N回の吸気行程）前に吸気行程を迎えた気筒の吸入空気量である筒内吸入空気量Mc(k-N)を前記求めたメインフィードバック制御用空燃比abyfsで除することにより、現時点からNストローク前の実際の筒内燃料供給量Fc(k-N)を求める。値Nは、内燃機関の排気量、及び燃焼室25から上流側空燃比センサ66までの距離等により異なる値である。

【0092】

このように、現時点からNストローク前の筒内燃料供給量F_c (k-N) を求めるために、現時点からNストローク前の筒内吸入空気量M_c (k-N) をメインフィードバック制御用空燃比abyfsで除するのは、燃焼室25内で燃焼された混合気が上流側空燃比センサ66に到達するまでには、Nストロークに相当する時間を要しているからである。なお、筒内吸入空気量M_cは、各気筒の吸気行程に対応されながらRAM73内に記憶されるようになっている。

【0093】

次いで、CPU71はステップ1220に進み、現時点からNストローク前の筒内吸入空気量M_c (k-N) を現時点からNストローク前の目標空燃比abyfr (k-N) で除することにより、現時点からNストローク前の目標筒内燃料供給量F_{c r} (k-N) を求める。なお、目標空燃比abyfrは、ここでは理論空燃比であって一定値である。

【0094】

そして、CPU71はステップ1225に進んで目標筒内燃料供給量F_{c r} (k-N) から筒内燃料供給量F_c (k-N) を減じた値を筒内燃料供給量偏差D_{F c}として設定する。つまり、筒内燃料供給量偏差D_{F c}は、Nストローク前の時点で筒内に供給された燃料の過不足分を表す量となる。次に、CPU71はステップ1230に進み、下記数7に基いてメインフィードバック制御量D_{F i}を求める。

【0095】

【数7】

$$D_{F i} = (G_p \cdot D_{F c} + G_i \cdot S_{D F c}) \cdot K_{FB}$$

【0096】

上記数7において、G_pは予め設定された比例ゲイン（比例定数）、G_iは予め設定された積分ゲイン（積分定数）である。なお、数7の係数K_{FB}はエンジン回転速度NE、及び筒内吸入空気量M_c等により可変とすることが好適であるが、ここでは「1」としている。また、値S_{D F c}は筒内燃料供給量偏差D_{F c}の積分値であり、次のステップ1235にて更新される。即ち、CPU71は、ス

ステップ1235にてその時点における筒内燃料供給量偏差 $D F_c$ の積分値 $S D F_c$ に上記ステップ1225にて求めた筒内燃料供給量偏差 $D F_c$ を加えて、新たな筒内燃料供給量偏差の積分値 $S D F_c$ を求め、ステップ1295にて本ルーチンを一旦終了する。

【0097】

以上により、メインフィードバック制御量 $D F_i$ が比例積分制御により求められ、このメインフィードバック制御量 $D F_i$ が前述した図11のステップ11.10により燃料噴射量に反映されるので、Nストローク前の燃料供給量の過不足が補償され、内燃機関の空燃比が目標空燃比 $abyfr$ と略一致せしめられるようにフィードバック制御される。

【0098】

一方、ステップ1205の判定時において、空燃比フィードバック制御条件が不成立であると、CPU71は同ステップ1205にて「No」と判定してステップ1240に進んでメインフィードバック制御量 $D F_i$ の値を「0」に設定し、その後ステップ1295に進んで本ルーチンを一旦終了する。このように、空燃比フィードバック制御条件が不成立であるときは、メインフィードバック制御量 $D F_i$ を「0」として空燃比（フィードフォワード燃料供給量 = $K \cdot F_{base}$ ）の補正を行わない。

【0099】

次に、下流側空燃比センサ67の出力 V_{oxs} に基く空燃比フィードバック制御（サブフィードバック制御）について説明する。このサブフィードバック制御により、サブフィードバック制御量 $vafsf_b$ が算出される。

【0100】

CPU71は、サブフィードバック制御量 $vafsf_b$ を求めるために、図13に示したルーチンを所定時間の経過毎に実行している。従って、所定のタイミングになると、CPU71はステップ1300から処理を開始し、ステップ1305に進んでサブフィードバック制御条件が成立しているか否かを判定する。サブフィードバック制御条件は、例えば、前述したステップ1205での空燃比フィードバック制御条件に加え、機関の冷却水温 THW が前記第1所定温度よりも高い第2

所定温度以上のとき、及び下流側空燃比センサ67が正常であるときに成立する。

【0101】

いま、サブフィードバック制御条件が成立しているものとして説明を続けると、CPU71はステップ1305にて「Y e s」と判定してステップ1310に進み、所定の目標値 V_{oxsref} から現時点の下流側空燃比センサ67の出力 V_{oxs} を減じることにより、出力偏差量 $D V_{oxs}$ を求める。この目標値 V_{oxsref} は、略理論空燃比に対応した値に設定されている。次いで、CPU71はステップ1315に進み、下記数8に基いてサブフィードバック制御量 $vafsf_b$ を求める。

【0102】

【数8】

$$vafsf_b = K_p \cdot D V_{oxs} + K_i \cdot S D V_{oxs}$$

【0103】

上記数8において、 K_p は予め設定された比例ゲイン（比例定数）、 K_i は予め設定された積分ゲイン（積分定数）である。また、 $S D V_{oxs}$ は、出力偏差量 $D V_{oxs}$ の積分値であって、次のステップ1320にて更新される値である。即ち、CPU71は、ステップ1320に進むと、その時点における出力偏差量の積分値 $S D V_{oxs}$ に上記ステップ1310にて求めた出力偏差量 $D V_{oxs}$ を加えて、新たな出力偏差量の積分値 $S D V_{oxs}$ を求め、その後、ステップ1395に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0104】

このようにして、サブフィードバック制御量 $vafsf_b$ が求められ、この値は前述した図12のステップ1210にて上流側空燃比センサ66の実際の出力 $vabyfs$ に加えられ、その和（ $vabyfs + vafsf_b$ ）がROM内に格納した図3に示したマップに基いてメインフィードバック制御用空燃比 $abyfs$ に変換される。このようにして、下流側空燃比センサ67の出力 V_{oxs} に基いて求められるメインフィードバック制御用空燃比 $abyfs$ は、上流側空燃比センサ66が実際に検出している空燃比 $vabyfs$ に対して、サブフィードバック制御量 $vafsf_b$ に相当する分だけ異なる空燃比として求められる。

【0105】

この結果、前述した図12のステップ1215にて計算される筒内燃料供給量 $F_c(k-N)$ が下流側空燃比センサ67の出力 V_{oxs} に応じて変化するので、ステップ1225、ステップ1230によってメインフィードバック制御量 DF_i が同下流側空燃比センサ67の出力 V_{oxs} に応じて変更せしめられる。これにより、第1触媒53の下流側の空燃比が目標値 V_{oxsref} で表された空燃比に一致するように、機関の空燃比が制御せしめられる。

【0106】

一方、サブフィードバック制御条件が不成立であるとき、CPU71はステップ1305にて「No」と判定してステップ1325に進み、同ステップ1325にてサブフィードバック制御量 v_afsfb を「0」に設定し、ステップ1395にて本ルーチンを一旦終了する。これにより、下流側空燃比センサ67の出力 V_{oxs} に基くサブフィードバック制御が停止される。

【0107】

(最大酸素吸収量算出及び触媒劣化判定のための実際の作動)

次に、上述した第1触媒53の最大酸素吸収量 C_{max} の算出、及び同第1触媒53の劣化判定についての本装置の作動について説明すると、CPU71は図14のフローチャートにより示された酸素吸収量算出を開始すべきか否かを判定するためのルーチンを所定時間の経過毎に実行するようになっている。

【0108】

従って、所定のタイミングになると、CPU71は図14のステップ1400から処理を開始し、ステップ1405に進んで空燃比強制設定制御実行中フラグ X_{HAN} の値が「0」であるか否かを判定する。

【0109】

いま、最大酸素吸収量算出のための空燃比制御を行っておらず、且つ、最大酸素吸収量算出条件が成立していないとして説明を続けると、空燃比強制設定制御実行中フラグ X_{HAN} の値は「0」となっている。従って、CPU71はステップ1405にて「Yes」と判定してステップ1410に進み、先に説明した図11のステップ1110にて使用される空燃比設定係数 K の値を1.00に設定

する。

【0110】

次いで、CPU71はステップ1415にて最大酸素吸蔵量算出条件が成立しているか否かを判定する。この最大酸素吸蔵量算出条件は、冷却水温THWが所定温度以上であり、図示しない車速センサにより得られた車速が所定の高車速以上であり、且つ、スロットル弁開度TAの単位時間あたりの変化量が所定量以下であり、即ち、機関が暖機後において定常運転状態にあって触媒が活性化している場合に成立する。なお、この条件に、触媒温度T_{c act}が図7に示した温度T1～T6の範囲内にあるときという条件を加えても良い。触媒温度T_{c act}は、後述する図18にフローチャートにより示したルーチンにおいて、所定時間の経過毎に求められる。

【0111】

現段階では、上述したように、最大酸素吸蔵量算出条件は成立していないから、CPU71はステップ1415にて「No」と判定してステップ1495に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0112】

次に、先に説明した図5の時刻t1のように、その時点までは最大酸素吸蔵量算出のための空燃比制御を行っていないが（即ち、上述の通常の空燃比制御を行っているが）、同時点にて最大酸素吸蔵量算出条件が成立したものとして説明を続けると、この場合においても、CPU71はステップ1405にて「Yes」と判定してステップ1410に進み、同ステップ1410にて空燃比設定係数Kの値を1.00に設定する。次いで、CPU71は、最大酸素吸蔵量算出条件が成立しているので、ステップ1415にて「Yes」と判定してステップ1420に進み、同ステップ1420にて空燃比強制設定制御実行中フラグXHANの値を「1」に設定する。

【0113】

そして、CPU71はステップ1425に進み、第1モードに移行するためにModeの値を「1」に設定するとともに、続くステップ1430にて空燃比設定係数Kの値を0.98に設定し、ステップ1495に進んで本ルーチンを一旦終了

する。この結果、機関の空燃比は理論空燃比よりもリーンな前記設定リーン空燃比abyfLeanに制御される。

【0114】

以降、CPU71は図14のルーチンの処理をステップ1400から繰り返し実行するが、空燃比強制設定制御実行中フラグXHANの値が「1」となっていることから、ステップ1405にて「No」と判定して直ちにステップ1495に進み、本ルーチンを一旦終了するようになる。

【0115】

一方、CPU71は図15に示した第1モード制御ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングとなると、CPU71はステップ1500から処理を開始してステップ1505に進み、Modeの値が「1」であるか否かを判定する。この場合、先の図14のステップ1425の処理によりModeの値は「1」となっているので、CPU71はステップ1505にて「Yes」と判定してステップ1510に進み、下流側空燃比センサ67の出力Voxsが理論空燃比よりもリッチな空燃比を示す値から同理論空燃比よりもリーンな空燃比を示す値に変化したか否かを判定する。

【0116】

現時点では、機関の空燃比を設定リーン空燃比abyfLeanにする制御が開始された直後であるから、下流側空燃比センサ出力Voxsは理論空燃比よりもリッチな空燃比を示している。従って、CPU71はステップ1510にて「No」と判定し、ステップ1595にて本ルーチンを一旦終了する。

【0117】

以降、CPU71は図15のステップ1500～1510を繰り返し実行する。また、空燃比は設定リーン空燃比abyfLeanに略等しく制御されているから、所定の時間が経過すると図5の時刻t2のように下流側空燃比センサ出力Voxsはリッチを示す値からリーンを示す値に変化する。これにより、CPU71はステップ1510に進んだとき、同ステップ1510にて「Yes」と判定してステップ1515に進み、Modeの値を「2」に設定するとともに、続くステップ1520にて空燃比設定係数Kの値を1.02に設定し、その後ステップ1595にて

本ルーチンを一旦終了する。この結果、機関の空燃比は理論空燃比よりもリッチな前記設定リッチ空燃比abyfRichに制御される。

【0118】

以降、CPU71は図15のルーチンの処理をステップ1500から繰り返し実行するが、Modeの値が「2」となっていることから、ステップ1505にて「No」と判定して直ちにステップ1595に進み、本ルーチンを一旦終了するようになる。

【0119】

同様に、CPU71は図16に示した第2モード制御ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングとなると、CPU71はステップ1600から処理を開始してステップ1605に進み、Modeの値が「2」であるか否かを判定する。この場合、先の図15のステップ1515の処理によりModeの値が「2」となっているから、CPU71はステップ1605にて「Yes」と判定してステップ1610に進み、同ステップ1610にて下流側空燃比センサ67の出力Voxsが理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値に変化したか否かを判定し、かかる変化がない場合にはステップ1695に進んで本ルーチンを一旦終了する処理を行う。

【0120】

そして、図5の時刻t3に示したように、下流側空燃比センサ67の出力Voxsが理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値に変化すると、CPU71はステップ1610からステップ1615に進んで第3モードに移行すべくModeの値を「3」に設定し、続くステップ1620にて空燃比設定係数Kの値を0.98に設定する。この結果、Modeの値が「1」である場合と同様に、機関の空燃比が前記設定リーン空燃比abyfLeanに再び制御される。

【0121】

また、CPU71は図17に示した第3モード制御ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングとなると、CPU71はステップ1700から処理を開始してステップ1705に進み、Modeの値が「3

」であるか否かを判定する。この場合、先の図12のステップ1215の処理によりModeの値は「3」となっているから、CPU71はステップ1705にて「Yes」と判定してステップ1710に進み、同ステップ1710にて下流側空燃比センサ67の出力Voxsが理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値に変化したか否かをモニタする。

【0122】

そして、図5の時刻t4に示したように、下流側空燃比センサ67の出力Voxsが理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値に変化すると、CPU71はステップ1710からステップ1715に進んでModeの値を「0」に再設定し、続くステップ1720にて空燃比強制設定制御実行中フラグXHANの値を「0」に設定した後、ステップ1795に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0123】

これにより、CPU71は図14のルーチンを実行する際、ステップ1405にて「Yes」と判定してステップ1410に進むので、空燃比設定係数Kの値が1.00に戻される。また、空燃比強制設定制御実行中フラグXHANの値が「0」に戻されたので、他のメインフィードバック制御条件、及びサブフィードバック制御条件が成立していれば、CPU71は図12のステップ1205及び図13のステップ1305にてそれぞれ「Yes」と判定するから、メインフィードバック制御及びサブフィードバック制御がそれぞれ再開され、これらにより空燃比が理論空燃比にフィードバック制御されるようになる。

【0124】

以上、説明したように、最大酸素吸収量算出条件が成立すると、機関の空燃比が設定リーン空燃比abyfLean、設定リッチ空燃比abyfRich、及び設定リーン空燃比abyfLeanの順に制御される。

【0125】

一方、CPU71は、第1触媒53の最大酸素吸収量Cmaxを算出するために、図18のフローチャートにより示されたルーチンを所定時間の経過毎に実行するようになっている。従って、所定のタイミングになると、CPU71は図18

のステップ1800から処理を開始し、ステップ1805及びステップ1810にて第1触媒53の温度 T_{cact} を推定する。

【0126】

具体的に述べると、ROM72内には、吸入空気流量 G_a と収束触媒温度 T_{ref} との関係がマップとして格納されていて、CPU71は現時点での実際の吸入空気流量 G_a と同マップとから現時点の収束触媒温度 T_{ref} を求める。収束触媒温度 T_{ref} とは、吸入空気流量 G_a の運転状態が継続した場合に、第1触媒53の温度が収束する温度である。

【0127】

次いで、CPU71はステップ1810に進み、下記数9に従って今回の触媒温度 $T_{cact}(k)$ を求める。なお、数9中における $T_{cact}(k-1)$ は前回の本ルーチン実行時における触媒温度 $T_{cact}(k)$ であり、 α は0乃至1の所定の定数（例えば、0.003）である。

【0128】

【数9】

$$T_{cact}(k) = T_{cact}(k-1) + \alpha \cdot ((T_{ref} - T_{cact}(k-1)))$$

【0129】

そして、CPU71はステップ1815に進み、下記数10により酸素吸蔵量変化量 ΔO_2 を求める。

【0130】

【数10】

$$\Delta O_2 = 0.23 \cdot m_f r \cdot (abyfs - stoich)$$

【0131】

その後、CPU71はステップ1820に進んでModeの値が「2」であるか否かを判定し、Modeの値が「2」であれば同ステップ1820にて「Yes」と判定してステップ1825に進み、その時点の第2モードの酸素吸蔵量OSA2に上記酸素吸蔵量変化量 ΔO_2 の絶対値を加えた値を新たな酸素吸蔵量OSA2として設定した後、ステップ1840に進む。一方、CPU71はステップ1820にて「No」と判定したときステップ1830に進み、Modeの値が「3」である

か否かを判定する。このとき、Modeの値が「3」であれば、CPU71はステップ1830にて「Yes」と判定してステップ1835に進み、その時点の第3モードの酸素吸蔵量OSA3に上記酸素吸蔵量変化量△O2の絶対値を加えた値を新たな酸素吸蔵量OSA3として設定し、その後、ステップ1840に進む。

【0132】

続いて、CPU71はステップ1840にて、その時点の触媒温度積算値STempcに上記ステップ1810にて求めた触媒温度T_{act}(k)を加えて新たな触媒温度積算値STempcを求める。次いで、CPU71はステップ1845にてその時点の吸入空気流量積算値SGaに現時点の吸入空気流量Gaを加えて新たな吸入空気流量積算値SGaを求め、続くステップ1850にてカウンタNcの値を「1」だけ増大する。カウンタNcの値は、触媒温度積算値STempc及び吸入空気流量積算値SGaにそれぞれ足し込まれた触媒温度T_{act}(k)と吸入空気流量Gaのデータの個数を表す。そして、CPU71は、ステップ1855に進んで燃料噴射量Fiの合計量mfrを「0」に設定し、その後ステップ1895に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0133】

CPUは、このような処理を繰り返し実行するので、ステップ1810にて所定時間の経過毎に触媒温度T_{act}が算出されるとともに、第1触媒53の上流の空燃比が設定リッチ空燃比abyfRichに制御される第2モード(Mode=2)、及び空燃比が設定リーン空燃比abyfLeanに制御される第3モード(Mode=3)において、第1触媒53の酸素吸蔵量OSA2、及び酸素吸蔵量OSA3がそれぞれ算出されて行く。なお、現時点が第2モードでも第3モードでもない場合、CPU71は、ステップ1800～ステップ1820、ステップ1830、及びステップ1855を経てステップ1895に直接進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0134】

次に、最大酸素吸蔵量Cmaxの格納及び同最大酸素吸蔵量Cmaxを利用した触媒劣化判定、及び傾きKaの学習を行う際の本装置の作動について説明する。

【0135】

この装置において、実最大酸素吸蔵量CmaxRは、RAM73内の所定のアドレ

ス D R 1 ~ D R n で指定される n 個の各記憶領域（以下、単に「アドレス D R 1 ~ D R n の記憶領域」と云う。）に格納される。また、後述する所定の条件下で算出された傾き（学習値）K a の更新のための実最大酸素吸蔵量 C maxR は、バックアップ RAM 7 4 内の所定のアドレス D B R 1 ~ D B R n の n 個の各記憶領域（以下、単に「アドレス D B R 1 ~ D B R n の記憶領域」と云う。）に格納される。また、これらのデータにより更新された傾き K a、及び触媒劣化の判定結果を示す触媒劣化判定フラグ X R E K A もバックアップ RAM 7 4 内の所定のアドレスで指定される記憶領域に格納される。

【0136】

更に、実最大酸素吸蔵量 C maxR のデータは、同実最大酸素吸蔵量 C maxR のデータを算出したときの触媒温度 T c act の平均値（第2モード及び第3モードの期間における触媒温度の平均値）である算出期間中触媒温度 T ave と、同最大酸素吸蔵量 C max のデータを算出したときの吸入空気流量 G a の平均値（第2モード及び第3モードの期間における吸入空気流量 G a の平均値）である算出期間中吸入空気流量 G a ave とともに各記憶領域に格納される。即ち、一組のデータ (C maxR, T ave, G a ave) が上記アドレス D R 1 ~ D R n の記憶領域に格納されるとともに、場合により上記アドレス D B R 1 ~ D B R n の記憶領域に更に格納される。以下、この一組のデータを実最大酸素吸蔵量 C maxR 等のデータと呼ぶ場合がある。

【0137】

先ず、工場出荷直後等であって実最大酸素吸蔵量 C maxR が取得されておらず、従って、実最大酸素吸蔵量 C maxR 等のデータがバックアップ RAM 7 4 内の所定のアドレス D B R 1 ~ D B R n の記憶領域に全く格納されていない状態、及び、バッテリが取り外されて電気制御装置 7 0 への電力供給が遮断された後であって、同アドレス D B R 1 ~ D B R n 内の記憶領域の格納データが破壊されたことにより同実最大酸素吸蔵量 C maxR 等のデータがアドレス D B R 1 ~ D B R n の記憶領域に全く格納されていない状態で、機関 1 0 の運転が開始された場合から説明を開始する。このような場合、傾き K a の学習が完了していない状態であり、後述するように、バックアップ RAM 7 4 内に格納される学習完了フラグ X G A K

Uの値は「0」に設定さる。

【0138】

ここで、CPU71は、図19及びこれに続く図20に示した最大酸素吸蔵量C_{max}の算出及び傾きK_aの学習のためのルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行するようになっている。従って、所定のタイミングになると、CPU71はステップ1900から処理を開始し、ステップ1902に進んで空燃比強制設定制御実行中フラグXHANの値が「1」から「0」に変化したか否かをモニタする。そして、上述した第3モードが終了した直後ではなければ（即ち、先に説明した図17のステップ1720にて空燃比強制設定制御実行中フラグXHANの値が「0」に変更された直後でなければ）、CPU71はステップ1902にて「No」と判定してステップ1995に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0139】

その後、運転が継続されることにより第1モード～第3モードの制御が実行され、同第3モードの制御が終了して空燃比強制設定制御実行中フラグXHANの値が「1」から「0」に変更されると、CPU71はステップ1902に進んだとき、同ステップ1902にて「Yes」と判定してステップ1904に進み、その時点の酸素吸蔵量OSA2及び酸素吸蔵量OSA3を、最大酸素吸蔵量C_{max2}及びC_{max3}としてそれぞれ格納する。次いで、CPU71はステップ1906に進み、同ステップ1906にて最大酸素吸蔵量C_{max2}と最大酸素吸蔵量C_{max3}の平均値を算出し、この平均値を第1触媒53の実最大酸素吸蔵量C_{maxR}として格納する。

【0140】

次に、CPU71はステップ1908にて触媒温度積算値STempcをカウンタNcの値で除すことにより算出期間中触媒温度Taveを求め、続くステップ1910にて吸入空気流量積算値SGaをカウンタNcの値で除すことにより算出期間中吸入空気流量G_{a ave}を求め、その後、ステップ1912にてカウンタNc、酸素吸蔵量OSA2、酸素吸蔵量OSA3、触媒温度積算値STempc、及び吸入空気流量積算値SGaの各値をそれぞれ「0」に設定する。

【0141】

次いで、CPU71はステップ1914に進んで、算出期間中触媒温度T_{ave}と算出期間中吸入空気流量G_{a ave}が図21に領域Aとして示した通常運転領域内（データ取得領域）にあるか否かを判定し、領域A以外の場合にはステップ1995に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。つまり、今回得られた実最大酸素吸蔵量C_{maxR}は信頼性が低いために触媒劣化判定に使用できないので、RAM73内にもバックアップRAM74内にも格納されない。

【0142】

これに対し、上記ステップ1914にて「Yes」と判定される場合、CPU71はステップ1916に進み、RAM73のアドレスDR1～DRnの記憶領域の何れかに最大酸素吸蔵量C_{max}等のデータが格納されていない領域があるか否かを判定する。

【0143】

現段階は、機関10の始動後に初めて実最大酸素吸蔵量C_{maxR}が得られた場合であるから、アドレスDR1～DRn内の記憶領域の何れにも最大酸素吸蔵量C_{max}等のデータが格納されていないので、CPU71はステップ1916にて「Yes」と判定してステップ1918に進み、アドレスDRx（xは1～nの整数）であって実最大酸素吸蔵量C_{maxR}等のデータが格納されていないアドレスの中で「x」の最も小さいアドレスDRx（この場合は、DR1）のデータ領域に上記ステップ1906～1910にてそれぞれ求めた実最大酸素吸蔵量C_{maxR}等のデータ、即ち、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}、算出期間中触媒温度T_{ave}、及び算出期間中吸入空気流量G_{a ave}を格納する。

【0144】

次に、CPU71はステップ1920に進み、学習完了フラグXGAKUの値が「1」であるか否かを判定する。この場合、学習完了フラグXGAKUの値は「0」であるから、CPU71はステップ1920にて「No」と判定してステップ1922に進み、算出期間中触媒温度T_{ave}と算出期間中吸入空気流量G_{a ave}が図21に領域Bとして示した仮学習領域にあるか否かを判定し、領域B以外の場合には同ステップ1922からステップ1995に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。即ち、この場合、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}等のデータがバックア

ップRAM74に格納されない。

【0145】

これに対し、ステップ1922にて「Yes」と判定されるとき、CPU71は図20に示したステップ1924に進み、バックアップRAM74のアドレスDBR1～DBRnの記憶領域の何れかに実最大酸素吸蔵量CmaxR等のデータが格納されていない領域があるか否かを判定する。

【0146】

前述したように、現段階においては、実最大酸素吸蔵量CmaxR等のデータはアドレスDBR1～DBRn内の何れの記憶領域にも格納されていないので、CPU71はステップ1924にて「Yes」と判定してステップ1926に進み、アドレスDBRx(xは1～nの整数)であって実最大酸素吸蔵量CmaxR等のデータが格納されていないアドレスの中で「x」の最も小さいアドレスDBRx(この場合、DBR1)のデータ領域に上記ステップ1906～1910にてそれ求めた実最大酸素吸蔵量CmaxR、算出期間中触媒温度Tave、及び算出期間中吸入空気流量Gaveを格納する。

【0147】

次に、CPU71はステップ1928にてバックアップRAM74内に格納されているデータ獲得回数カウンタC1の値を「1」だけ増大し、続くステップ1930にてカウンタC1の値が「n(>2)」と等しい所定値C1th以上となつたか否かを判定する。このカウンタC1の値は、工場出荷時及びバッテリからの電力の供給再開時に「0」にリセットされるようになっている。従って、この時点でのカウンタC1の値は「1」であって所定値C1thより小さいので、CPU71はステップ1930にて「No」と判定してステップ1995に進み、本ルーチンを一旦終了する。この結果、現時点では、傾きKaの学習も触媒劣化判定も実行されない。

【0148】

その後、仮学習領域(図21の領域B)内で実最大酸素吸蔵量CmaxRが算出される毎に、CPU71は上記ステップ1918と上記ステップ1926を実行するので、アドレスDRx及びアドレスDBRxに実最大酸素吸蔵量CmaxRを含む

上記一組のデータが格納され、また、ステップ1928の処理によりカウンタC1の値が「1」ずつ増大して行く。

【0149】

この結果、仮学習領域内で実最大酸素吸蔵量CmaxRがC1t h回だけ算出されると、CPU71はステップ1930に進んだとき同ステップ1930にて「Yes」と判定してステップ1932に進み、学習完了フラグXGAKUの値が「0」であるか否かを判定する。

【0150】

この段階では、学習完了フラグXGAKUの値は依然として「0」であるから、CPU71はステップ1932にて「Yes」と判定してステップ1934に進み、バックアップRAM74内のアドレスDBR1～DBRnの記憶領域に格納された仮学習領域において得られた実最大酸素吸蔵量CmaxRのn個のデータの平均値が触媒劣化判定値Cmaxthより大きいか否かを判定し、大きい場合には触媒は正常であるとして劣化判定フラグXREKAの値を「0」に設定し、小さい場合には触媒は劣化しているとして同劣化判定フラグXREKAの値を「1」に設定する。

【0151】

なお、ステップ1934において触媒劣化判定に使用される触媒劣化判定値Cmaxthは、バックアップRAM74内のアドレスDBR1～DBRnの記憶領域に格納された各算出期間中吸入空気流量Gaveの平均値とROM72内に格納された閾値（触媒劣化判定値）決定用マップとに基いて決定される。これにより、最大酸素吸蔵量Cmaxの吸入空気流量Ga（触媒53に流入するガス流量）に対する依存性が排除された触媒劣化判定が行われ得る。

【0152】

次いで、CPU71はステップ1936に進み、バックアップRAM74内のアドレスDBR1～DBRnの記憶領域に格納された実最大酸素吸蔵量CmaxRのn個のデータの平均値と、同記憶領域に格納された算出期間中触媒温度Taveのn個のデータの平均値と、ROM72内に格納された傾き決定用マップとに基いて傾きKaを決定し、続くステップ1938にて決定した傾きKaをバックアッ

PRAM74内のアドレスDBR_{n+k}で指定される記憶領域に格納する。なお、ステップ1936は特性値決定手段に相当している。

【0153】

そして、CPU71はステップ1940及びステップ1942を実行し、バックアップRAM74内の所定アドレスに格納されている学習完了フラグXGAKU及びカウンタC1の値を、それぞれ「1」及び「0」に設定し、ステップ1995に進んで本ルーチンを一旦終了する。以上のように、傾きKaが得られていない場合、仮学習領域で得られたn個の実最大酸素吸蔵量CmaxR等のデータに基いて傾きKaが仮学習されるとともに、そのn個の実最大酸素吸蔵量CmaxRの各々は規格化されることなく触媒劣化判定に用いられる。

【0154】

以降において、通常運転領域（図21の領域A）内において実最大酸素吸蔵量CmaxRが算出されると、CPU71はステップ1914にて「Yes」と判定してステップ1916に進み、この時点ではアドレスDR1～DRnの総べてに最大酸素吸蔵量Cmaxのデータが格納されているから、同ステップ1916にて「No」と判定してステップ1944に進み、同ステップ1944にてアドレスDR1のデータを消去し、アドレスDRm+1のデータをアドレスDRm（m=1～n-1）に順次移行するとともに、アドレスDRnにステップ1904～1910にて求めた一組のデータ（CmaxR, Tave, Gave）を格納し、ステップ1920に進むようになる。

【0155】

また、学習完了フラグXGAKUの値は先に実行されたステップ1940にて「1」に設定されていることから、CPU71はステップ1920に進んだとき、同ステップ1920にて「Yes」と判定してステップ1946に進み、算出期間中触媒温度Taveと算出期間中吸入空気流量Gaveが図21に領域Cとして示した真の学習領域内にあるか否かを判定し、領域C以外の場合にはステップ1946からステップ1995に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。この結果、RAM73のDR1～DRnのデータは更新されるが、バックアップRAM74のDBR1～DBRnのデータは更新されない。

【0156】

一方、ステップ1946に進んだとき、同ステップ1946にて「Yes」と判定されるとき、即ち、今回の実最大酸素吸蔵量CmaxRが真の学習領域内で得られたとき、CPU71は同ステップ1946にて「Yes」と判定して図20のステップ1924に進む。そして、この場合にはバックアップRAM74のアドレスDBR1～DBRnの各記憶領域に実最大酸素吸蔵量CmaxR等の各データが格納されているので、CPU71は同ステップ1924にて「No」と判定してステップ1948に進み、バックアップRAM74のアドレスDBR1のデータを消去し、アドレスDBRm+1のデータをアドレスDBRm（m=1～n-1）に順次移行するとともに、アドレスDBRnにステップ1904～1910にて求めた一組のデータ（CmaxR, Tave, Gave）を格納する。

【0157】

このように、今回得られた実最大酸素吸蔵量CmaxRが真の学習領域（領域C）内にて得られたとき、同実最大酸素吸蔵量CmaxRは傾きKaの学習を行うに十分な信頼性があるとしてバックアップRAM74内に格納されて行く。

【0158】

次いで、CPU71は、ステップ1928及びステップ1930を実行するが、現段階ではカウンタC1は「1」であるから同ステップ1930にて「No」と判定してステップ1995に進み、同ステップ1995にて本ルーチンを一旦終了する。

【0159】

その後、真の学習領域内において実最大酸素吸蔵量CmaxRが得られる毎に、ステップ1948が実行され、アドレスDBR1～DBRnのデータが更新されて行く。そして、真の学習領域内において実最大酸素吸蔵量CmaxRが閾値C1th（=n）回だけ得られると、CPU71はステップ1930に進んだとき「Yes」と判定してステップ1932に進み、この場合、学習完了フラグXGAKUの値は「1」であるから同ステップ1932にて「No」と判定してステップ1934を実行することなくステップ1936～ステップ1942に進む。

【0160】

この結果、ステップ1936にて、眞の学習領域内で得られたn個の実最大酸素吸蔵量C_{maxR}の平均値と、n個の算出期間中触媒温度T_{ave}の平均値と、RAM72内の傾き決定用マップとから傾きK_aが決定され、その傾きK_aがステップ1938にてバックアップRAM74のDBR_{n+k}内に格納される。即ち、傾きK_aが更新・学習される。

【0161】

このように、傾きK_aの学習完了後は、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}が得られた場合、同実最大酸素吸蔵量C_{maxR}が眞の学習領域内で得られた値であるならば、RAM73のアドレスDR1～DR_nのデータ及びバックアップRAM74内のアドレスDBR1～DBR_nのデータが同実最大酸素吸蔵量C_{maxR}によって更新されて行き、そのような実最大酸素吸蔵量C_{maxR}がC_{1t h}(=n)個だけ得られた時点で、傾きK_aの更新・学習が行われる。これに対し、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}が得られた場合、同実最大酸素吸蔵量C_{maxR}が眞の学習領域外であるが通常運転領域内で得られた値であるならば、RAM73のアドレスDR1～DR_nのデータのみが同実最大酸素吸蔵量C_{maxR}によって更新されて行く。

【0162】

一方、CPU71は正規の触媒劣化判定を行うために、図22にフローチャートにより示したルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行するようになっている。従って、所定のタイミングとなるとCPU71はステップ2200から処理を開始し、ステップ2205にて新たな一組のデータ(C_{maxR}, T_{ave}, G_{a ave})をRAM73のアドレスDR_nに格納した直後であるか否か(換言すると、図19のステップ1944を実行した直後であるか否か)を判定する。

【0163】

いま、既に傾きK_aの値が得られていて学習完了フラグXGAKUの値が「1」となっている状態で新たな一組のデータ(C_{maxR}, T_{ave}, G_{a ave})をRAM73のアドレスDR_nに格納した直後であり、しかも、傾きK_aが適切であって上述した補正率Hoseirituが補正異常判定値H_{t h}より小さい状態であるとして説明を続けると、CPU71はステップ2205にて「Yes」と判定してステップ2210に進み、学習完了フラグXGAKUの値が「1」であるか否かを判

定する。

【0164】

この場合、学習完了フラグXGAKUの値は「1」となっているから、CPU71はステップ2210にて「Yes」と判定してステップ2215に進み、同ステップ2215にて新たにアドレスDRnに格納された実最大酸素吸蔵量CmaxRと上記数6とに基いて補正率Hoseirituを計算し、続くステップ2220にて同補正率Hoseirituが補正異常判定値Ht hより小さいか否かを判定する。換言すると、ステップ2220においては、傾きKaが適正であって実最大酸素吸蔵量CmaxRの正常な規格化・補正がなされるか否かが判定される。なお、ステップ2215、及びステップ2220は規格化適正判定手段に相当している。

【0165】

この場合、即ち、前述した仮定に従えば、傾きKaは適正であって補正率Hoseirituは補正異常判定値Ht hより小さいから、CPU71はステップ2220にて「Yes」と判定してステップ2225に進み、新たにアドレスDRnに格納された実最大酸素吸蔵量CmaxRと上記数5とに基いて同実最大酸素吸蔵量CmaxRを補正・規格化し規格化後最大酸素吸蔵量Cmaxnormを算出し、続くステップ2230にて算出期間中吸入空気流量Gaveと閾値決定用マップとに基いて触媒劣化判定値Cmaxthを求め、触媒劣化判定手段に相当する続くステップ2235にて規格化後最大酸素吸蔵量Cmaxnormが触媒劣化判定値Cmaxthより大きいか否かを判定することにより、触媒が劣化しているか否かの判定を行う。なお、ステップ2225は指標値規格化手段、又は規格化手段に相当し、ステップ2230、2235は触媒劣化判定手段に相当している。

【0166】

そして、規格化後最大酸素吸蔵量Cmaxnormが触媒劣化判定値Cmaxthより大きいとき、CPU71は第1触媒53は劣化していないと判定し、ステップ2240に進んで触媒劣化判定フラグXREKAの値を「0」に設定し、その後、ステップ2295に進んで本ルーチンを一旦終了する。また、ステップ2235の判定時において、規格化後最大酸素吸蔵量Cmaxnormが触媒劣化判定値Cmaxth以下であるとき、CPU71は第1触媒53が劣化したと判定し、ステップ2245

に進んで触媒劣化判定フラグXREKAの値を「1」に設定し、その後、ステップ2295に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0167】

このように、傾きKaが正常な値として学習されている場合、図21の領域Aで示した通常運転領域の範囲内で実最大酸素吸蔵量CmaxRが得られる毎に、同最大酸素吸蔵量Cmaxが規格化され、その規格化後最大酸素吸蔵量Cmaxnormに基いて触媒劣化判定が行われる。

【0168】

次に、失火により触媒が損傷し、或いは衝撃等により触媒が物理的損傷をうけ、傾きKaの値、即ち、同触媒の劣化状態が同傾きKaを学習した時点の劣化状態から急激且つ著しく変化した場合について説明する。この場合、補正率Hoseirituが補正異常判定値Ht hより大きくなるので、CPU71は図22のステップ2200～ステップ2215を経由してステップ2220に進んだとき、同ステップ2220にて「No」と判定してステップ2250に進み、学習完了フラグXGAKUの値を「0」に設定するとともに、バックアップRAMのアドレスDBRn+kに格納されている傾きKaの値を破棄（クリア）し、その後、触媒劣化判定を行うことなくステップ2295に進んで本ルーチンを一旦終了する。以上により、誤った規格化による触媒劣化の誤判定を回避することができる。

【0169】

なお、上記ステップ2205又はステップ2210にて「No」と判定されるとき、CPU71は直接ステップ2295に進んで本ルーチンを一旦終了する。従って、新たな実最大酸素吸蔵量CmaxRを取得した直後でない場合、又は新たな実最大酸素吸蔵量CmaxRを取得した直後であっても傾きKaが得られておらず学習完了フラグXGAKUの値が「0」となっている場合、CPU71は本ルーチンでの触媒劣化判定を行うことなく、直ちに本ルーチンを一旦終了する。

【0170】

また、CPU71は図23にフローチャートにより示したバッテリ取り外し後の処理を行うルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになるとCPU71はステップ2300から処理を開始し、ステ

ップ2305に進んでバッテリが取り外された直後か否か（バッテリから電気制御装置70への電力供給が再開された直後か否か）を判定する。そして、バッテリが取り外された直後でなければ、CPU71はステップ2305にて「No」と判定してステップ2395に直接進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0171】

これに対し、現時点が、バッテリが取り外された後に同バッテリが再び接続され、電気制御装置70への電力供給が再開された直後である場合、CPU71はステップ2305に進んだとき、同ステップ2305にて「Yes」と判定してステップ2310に進み、バックアップRAM74内のアドレスDBR_{n+k}に格納されている傾きKaを破棄するとともに、続くステップ2315にて学習完了フラグXGAKUの値を「0」に設定し、ステップ2395に進んで本ルーチンを一旦終了する。以上により、バッテリが取り外されて傾きKaの値の信頼性が失われたときは、同傾きKaをクリアし再び学習するようになるので、誤った規格化による触媒劣化の誤判定を回避することができる。

【0172】

また、CPU71は図24にフローチャートにより示した学習未更新継続時処理ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになるとCPU71はステップ2400から処理を開始し、ステップ2405に進んで図示しない車両のイグニッションスイッチが「オン」状態から「オフ」状態へと変更されたか否かを判定する。そして、イグニッションスイッチが「オン」状態から「オフ」状態へと変更されていなければ、CPU71はステップ2405にて「No」と判定してステップ2495に直接進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0173】

これに対し、CPU71がステップ2405に進んだとき、イグニッションスイッチが「オン」状態から「オフ」状態へと変更された直後である場合、同CPU71はステップ2405にて「Yes」と判定してステップ2410に進み、今回の終了された運転が開始されてから（即ち、直前にイグニッションスイッチが「オフ」状態から「オン」状態へ変更されてから）現時点までに、換言すると

、今回のトリップにおいて、真の学習領域（図21の領域C）で得られた実最大酸素吸蔵量C_{maxR}に基く傾きK_aの更新が一度でもなされたか否かを判定する。

【0174】

このとき、今回のトリップにおいて、真の学習領域で得られた実最大酸素吸蔵量C_{maxR}に基く傾きK_aの更新が一度でもなされていれば、CPU71はステップ2410にて「Y e s」と判定し、ステップ2415に進んでバックアップRAM74内に格納されているカウンタC2の値を「0」に設定する。

【0175】

一方、ステップ2410の判定時において「N o」と判定される場合、即ち、今回のトリップにおいて真の学習領域で得られた実最大酸素吸蔵量C_{maxR}に基く傾きK_aの更新が一度もなされていなければ、CPU71は同ステップ2410にて「N o」と判定してステップ2420に進み、同ステップ2420にてカウンタC2の値を「1」だけ増大し、続くステップ2425にてカウンタC2の値が閾値C_{2t h}より大きいか否かを判定する。そして、カウンタC2の値が閾値C_{2t h}より大きくなければ、CPU71はステップ2425にて「N o」と判定してステップ2495に進み、同ステップ2495にて本ルーチンを一旦終了する。

【0176】

これから理解されるように、カウンタC2の値は、真の学習領域で得られた実最大酸素吸蔵量C_{maxR}に基く傾きK_aの更新が一度もなされなかったトリップが何回連続したかを表す値となるから、真の学習領域で得られた実最大酸素吸蔵量C_{maxR}に基く傾きK_aの更新が一度もなされなかったトリップが閾値C_{2t h}で表される回数より多く連続すると、CPU71はステップ2425に進んだとき、同ステップ2425にて「Y e s」と判定してステップ2430に進み、バックアップRAM74内のアドレスD B R n + kに格納されている傾きK_aを破棄し、続くステップ2435にて学習完了フラグX G A K Uの値を「0」に設定し、ステップ2495に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0177】

この結果、真の学習領域で得られた実最大酸素吸蔵量C_{maxR}に基く傾きK_aの

更新が一度もなされなかったトリップが閾値C_{2t h}で表される回数より多く連続して傾きK_aの信頼性が低下したとき、換言すると、傾きK_aを最後に更新してから触媒劣化が進行して同傾きK_aの値が適正ではない可能性が高くなつたとき、CPU71は同傾きK_aによる実最大酸素吸蔵量C_{maxR}の規格化、及びその規格化による規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}に基く触媒劣化判定を中止する。これにより、触媒の劣化判定をより精度良く行うことができる。

【0178】

以上、説明したように、本発明による触媒劣化判定装置（内燃機関の空燃比制御装置）は、計測誤差を考慮しても、劣化したと判定すべき触媒と劣化していないと判定すべき触媒とで実最大酸素吸蔵量C_{maxR}に明らかに差異が生じる領域（真の学習領域）において算出された実最大酸素吸蔵量C_{maxR}と算出期間中触媒温度T_{ave}とから同触媒の特性値である傾きK_aを決定し、真の学習領域外で算出された実最大酸素吸蔵量C_{maxR}を同決定した傾きK_aで補正することにより、同実最大酸素吸蔵量C_{maxR}を規格化温度で得られた規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}に変換し、その規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}に基いて触媒劣化判定を行うようにした。このため、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}を算出したときの触媒温度に拘らず触媒劣化判定の精度を高めることができた。

【0179】

また、規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}を得る際に行われる補正が適正であるか否か、換言すると、前記特性値である傾きK_aが現在の触媒の状態に対して適切であるか否かが補正率Hoseirituに基いて判定され、同補正が適正であると判定されたときに規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}に基く触媒劣化判定が行われるから、劣化していると判定すべき触媒が劣化していないと判定することを回避することができる。また、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}が真の学習温度領域外で得られた場合にも、前記補正が適正であると判定される限り、規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}に基く触媒劣化判定が行われるので、同触媒が劣化していないとの判定結果（確認）を新たに得ることが可能となり、同学習温度領域内で算出された実最大酸素吸蔵量C_{maxR}にのみ基いて触媒劣化判定を行う場合に比べ、触媒劣化判定の頻度を高めることができた。

【0180】

また、規格化温度 T_{cs} は、実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} の計測誤差が存在していても、前記特性値である傾き K_a が確実に触媒の劣化程度に応じた値になる温度を選ばれているので、規格化後最大酸素吸蔵量 $C_{maxnorm}$ は、劣化している触媒と劣化していない触媒とで同一の値となることがない。この結果、触媒劣化判定の精度を一層高めることができた。

【0181】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記実施形態においては、算出期間中触媒温度 T_{ave} に基いて数 5 により実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} の規格化を行っていたが、実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} の大きさに影響を与える他の因子、（例えば、算出期間中吸入空気流量 G_{ave} 、及び／又は、算出期間中において触媒に流入するガスの空燃比の理論空燃比からの偏差 A_{byF} ）に基いて同実最大酸素吸蔵量 C_{maxR} を所定の規格化空気流量 G_{cs} 、及び／又は所定の空燃比偏差 $A_{byF_{cs}}$ の下で得られた最大酸素吸蔵量 C_{max} に補正・変換・規格化し、その規格化した規格化後最大酸素吸蔵量 $C_{maxnorm}$ に基いて触媒劣化の判定を行うように構成してもよい。

【0182】

また、上記実施形態においては、最大酸素吸蔵量 C_{max} を規格化した値を触媒劣化判定に用いていたが、例えば、第 1 触媒 5 3 に流入する空燃比を理論空燃比にフィードバック制御している期間の上流側空燃比センサ 6 6 の出力が描く軌跡長と下流側空燃比センサの出力が描く軌跡長との比（軌跡比）、第 1 触媒 5 3 に流入する空燃比を理論空燃比にフィードバック制御している期間の上流側空燃比センサ 6 6 の出力が理論空燃比相当値を横切る頻度と下流側空燃比センサの出力が理論空燃比相当値を横切る頻度との比（反転比）、及び、第 1 触媒 5 3 に流入する空燃比を理論空燃比にフィードバック制御している期間の上流側空燃比センサ 6 6 の出力が描く軌跡と理論空燃比相当値との間で形成される面積と下流側空燃比センサの出力が描く軌跡と理論空燃比相当値との間で形成される面積との比（面積比）等の触媒劣化の程度に応じて変化する他の指標値（劣化指標値）を、

同指標値に影響を及ぼす因子により規格化・補正することで規格化後の劣化指標値を求め、同規格化後の劣化指標値と触媒劣化判定値とを比較することで触媒劣化判定を行うように構成してもよい。

【0183】

また、図22のステップ2235では、一つの実最大酸素吸蔵量C_{maxR}を規格化した規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}に基いて触媒劣化判定を行っているが、傾きK_aが得られた後であって補正率Hoseirituが閾値H_thより小さい場合には、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}が算出される毎に同実最大酸素吸蔵量C_{maxR}を規格化し、同規格化した最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}をバックアップRAM74内に順に格納しておき、新たな規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}が得られたとき、同新たな規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}と、前記バックアップRAM74内に格納されている複数の規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}との単純平均値、或いは新たな規格化後最大酸素吸蔵量C_{maxnorm}の重みを重くした加重平均値と触媒劣化判定値との比較により、触媒劣化判定を行ってもよい。

【0184】

また、上記図22のステップ2220では、前記規格化後最大酸素吸蔵量を求める際に使用された前記新たに算出された実最大酸素吸蔵量C_{maxR}に対する前記補正量の比である補正率Hoseirituに基いてステップ225での補正の適否を判断していたが、新たに算出された実最大酸素吸蔵量C_{maxR}に対する前記決定された傾きK_aの比 (=K_a / C_{maxR}) に基いて前記補正が適正であるか否かを判定するように構成してもよい。

【0185】

また、上記サブフィードバック制御は、上記P I制御でなく、P I D制御であってもよい。更に、下流側空燃比センサ67は、上流側空燃比センサ66と同様な空燃比センサであってもよい。

【0186】

また、上記実施形態では、実最大酸素吸蔵量C_{maxR}を求めるとき、機関の空燃比を設定リーン空燃比abyfLean、設定リッチ空燃比abyfRich、及び設定リーン空燃比abyfLeanの順に制御し、同目標空燃比が同設定空燃比abyfRichとされている

期間（第2モード）で得られた最大酸素吸蔵量C_{max2}と、これに続く同目標空燃比が同設定空燃比abyfLeanとされている期間（第3モード）で得られた最大酸素吸蔵量C_{max3}との平均を一つの最大酸素吸蔵量C_{max}のデータとして取得していたが、第2モードと第3モードを交互に複数回（例えば、4回）繰り返し、その各モードにおいて得られた各最大酸素吸蔵量C_{max}を平均することにより、その時点における一つの実最大酸素吸蔵量C_{maxR}についてのデータを取得するように構成してもよい。

【0187】

更に、酸素吸蔵量算出条件が成立したとき、触媒下流空燃比センサ出力V_{oxs}がリッチであることを示している場合、第1触媒上流空燃比を設定リッチ空燃比とする第2モードから制御を開始してもよい。但し、最初の第2モードにおいて推定される最大酸素吸蔵量C_{max2}は正確ではないので破棄する。そして、第3モード、次いで第2モードを実行し、これらの各モードで得られた最大酸素吸蔵量C_{max3}と最大酸素吸蔵量C_{max2}の平均値を実最大酸素吸蔵量C_{maxR}として採用してもよい。

【0188】

また、上記実施形態では、図21に示したように、データ取得領域（領域A）、仮学習領域（領域B）、及び真の学習領域（領域C）を、算出期間中触媒温度と算出期間中吸入空気流量の2つの変数により定めたが、各領域を算出期間中触媒温度のみによって定めても良い。即ち、温度T₁～T₆、温度T₂～T₅、温度T₃～T₄（T₁ < T₂ < T₃ < T₄ < T₅ < T₆）の各領域を、それぞれデータ取得領域（通常運転領域）、仮学習領域、及び真の学習領域として設定してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態に係る空燃比制御装置（触媒劣化判定装置）を適用した内燃機関の概略図である。

【図2】 図1に示したエアフローメータの出力電圧と計測された吸入空気流量との関係を示したグラフ（マップ）である。

【図3】 図1に示した上流側空燃比センサの出力電圧と空燃比との関係を示し

たグラフ（マップ）である。

【図4】 図1に示した下流側空燃比センサの出力電圧と空燃比との関係を示したマップである。

【図5】 図1に示した第1触媒の最大酸素吸蔵量を求める場合の機関の空燃比、第1触媒の下流側空燃比センサの出力、及び第1触媒の酸素吸蔵量の変化を示したタイムチャートである。

【図6】 実最大酸素吸蔵量と、同実最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度との関係を示したグラフである。

【図7】 実最大酸素吸蔵量と、同実最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度との関係を示したグラフである。

【図8】 実最大酸素吸蔵量と、同実最大酸素吸蔵量の算出期間中触媒温度との関係を示したグラフである。

【図9】 最大酸素吸蔵量の規格化温度への規格化の作動を概念的に示したグラフである。

【図10】 算出期間中触媒温度に対する実最大酸素吸蔵量の比である傾き K_a と実最大酸素吸蔵量との関係を示したグラフである。

【図11】 図1に示したCPUが実行する燃料噴射量計算のためのルーチンを示したフローチャートである。

【図12】 図1に示したCPUが実行する空燃比フィードバック補正量（メインフィードバック制御量）を計算するためのルーチンを示したフローチャートである。

【図13】 図1に示したCPUが実行するサブフィードバック制御量を計算するためのルーチンを示したフローチャートである。

【図14】 図1に示したCPUが実行する酸素吸蔵量算出開始の判定を行うルーチンを示したフローチャートである。

【図15】 図1に示したCPUが実行する第1モードのルーチンを示したフローチャートである。

【図16】 図1に示したCPUが実行する第2モードのルーチンを示したフローチャートである。

【図17】 図1に示したC P Uが実行する第3モードのルーチンを示したフローチャートである。

【図18】 図1に示したC P Uが実行する第1触媒の酸素吸蔵量を算出するためのルーチンを示したフローチャートである。

【図19】 図1に示したC P Uが最大酸素吸蔵量を算出するとともに触媒の特性値（傾き）を学習するために実行するルーチンの前半部を示したフローチャートである。

【図20】 図1に示したC P Uが最大酸素吸蔵量を算出するとともに触媒の特性値（傾き）を学習するために実行するルーチンの後半部を示したフローチャートである。

【図21】 最大酸素吸蔵量と触媒の特性値（傾き）を算出する運転領域を示した図である。

【図22】 図1に示したC P Uが実行する第1触媒の劣化判定を行うためのルーチンを示したフローチャートである。

【図23】 図1に示したC P Uが実行するバッテリが取り外された際の処理を行うルーチンを示したフローチャートである。

【図24】 図1に示したC P Uが実行する学習未更新継続時の処理を行うためのルーチンを示したフローチャートである。

【図25】 触媒の劣化程度と最大酸素吸蔵量との関係を示したグラフである。

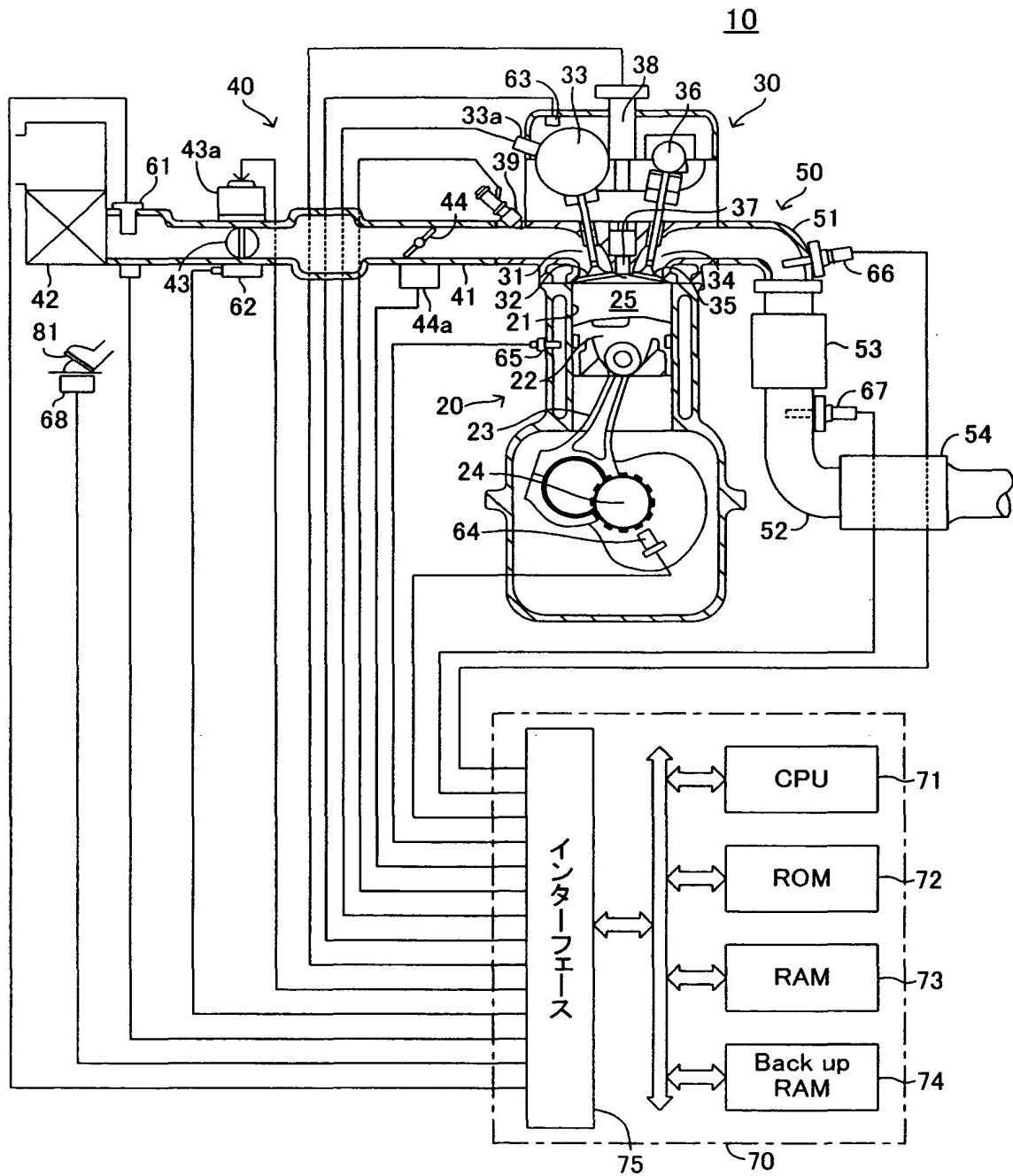
【図26】 触媒の温度と最大酸素吸蔵量との関係を示したグラフである。

【符号の説明】

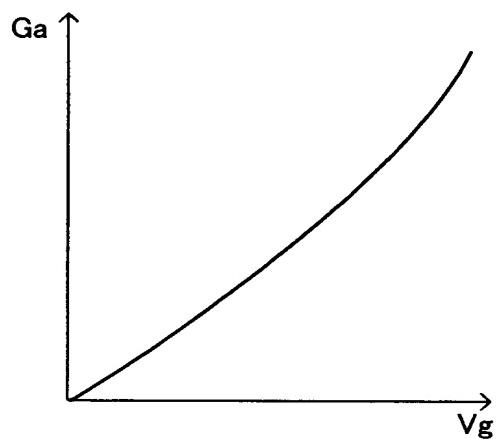
1 0 … 内燃機関、 2 5 … 燃焼室、 3 9 … インジェクタ、 5 2 … エキゾーストパイプ（排気管）、 5 3 … 三元触媒（第1触媒）、 5 4 … 三元触媒（第2触媒）、
6 6 … 上流側空燃比センサ、 6 7 … 下流側空燃比センサ、 7 0 … 電気制御装置、
7 1 … C P U。

【書類名】 図面

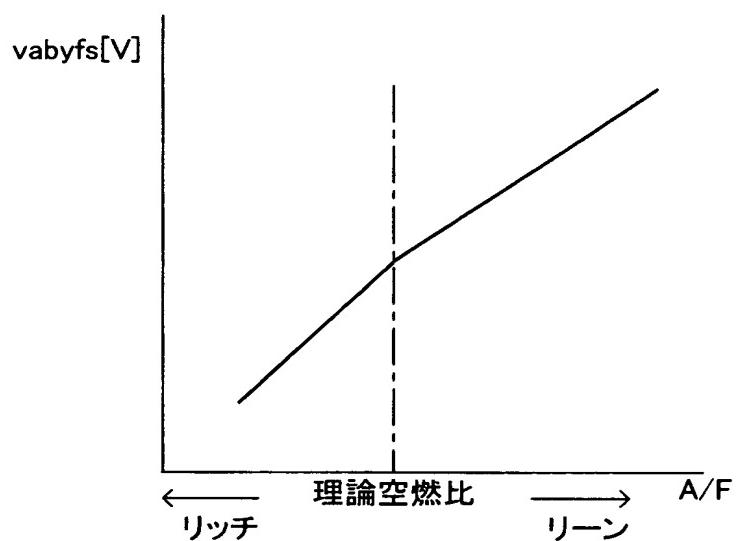
【図1】



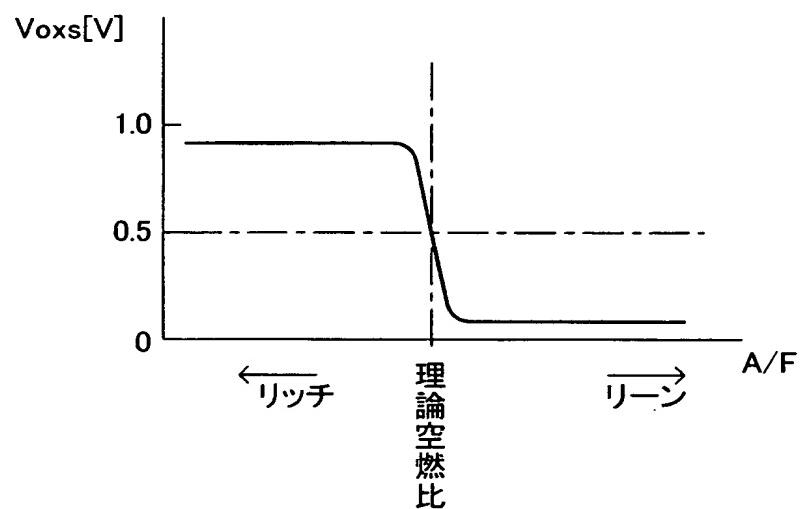
【図2】



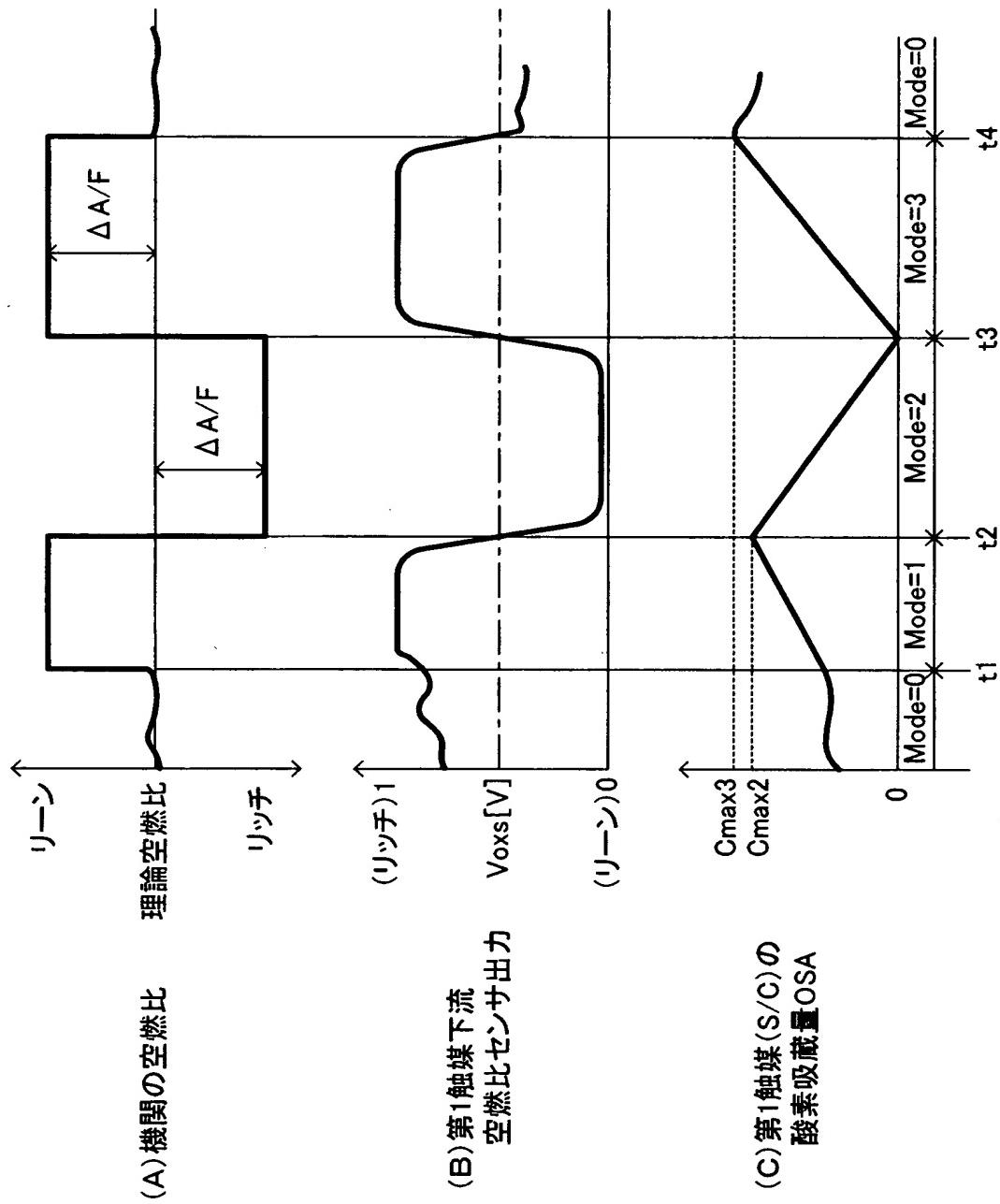
【図3】



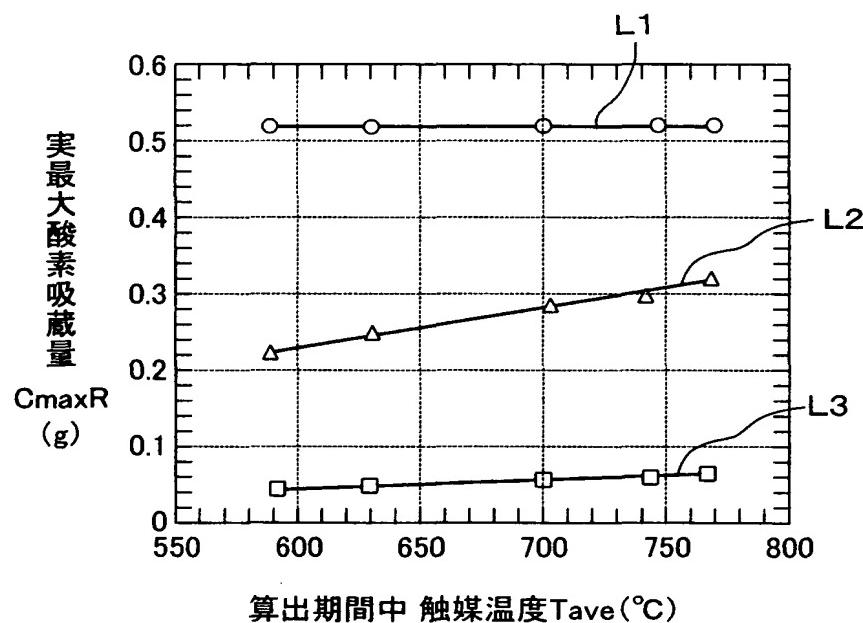
【図4】



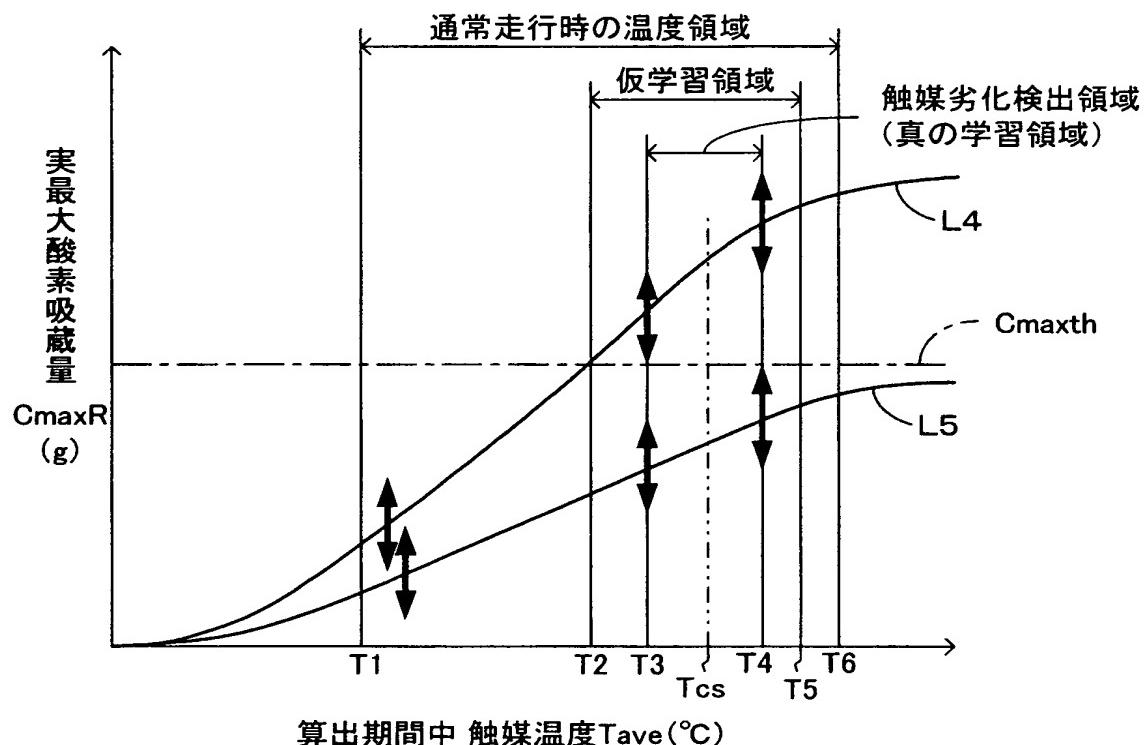
【図5】



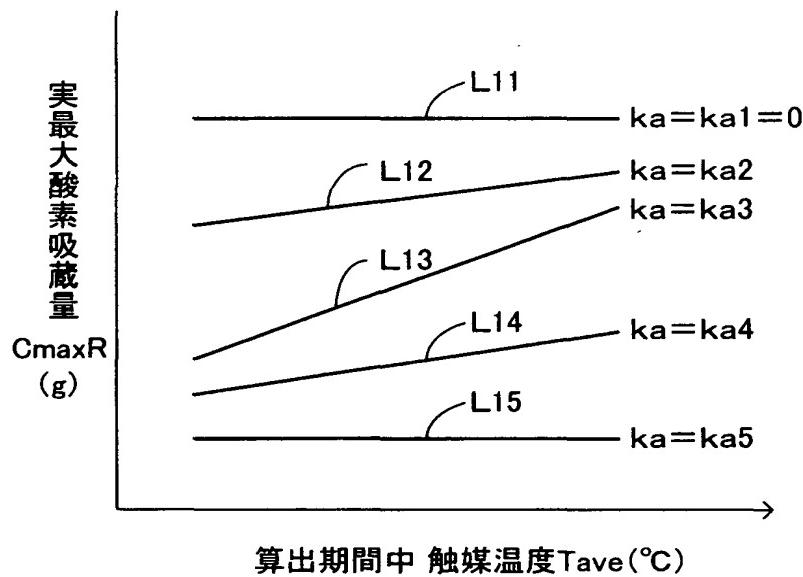
【図6】



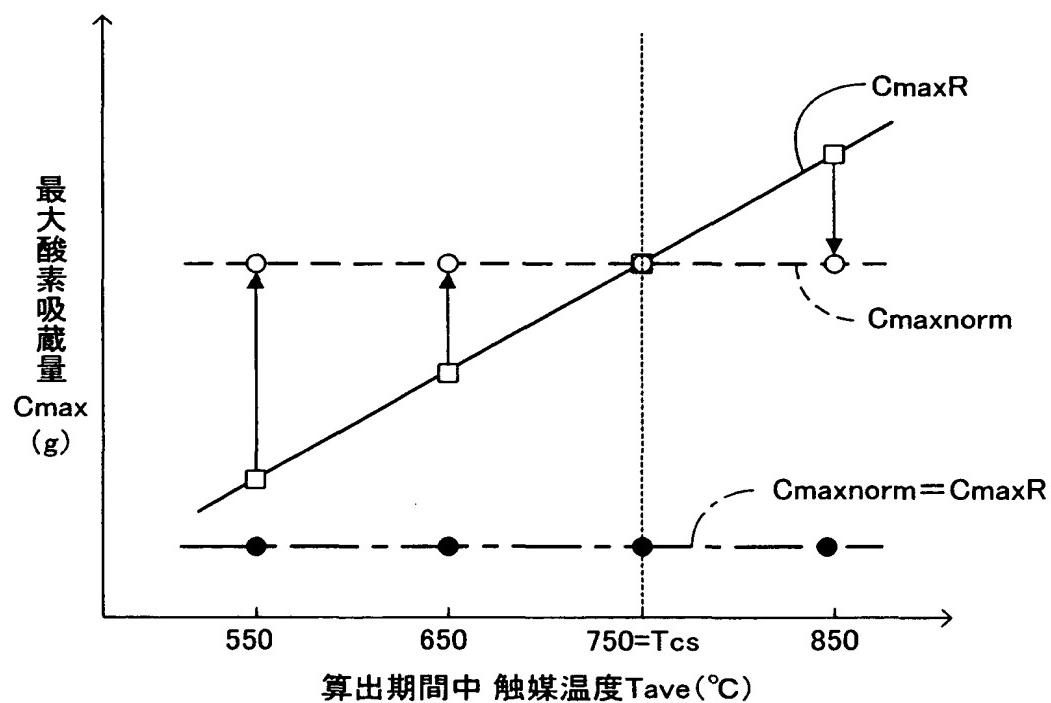
【図7】



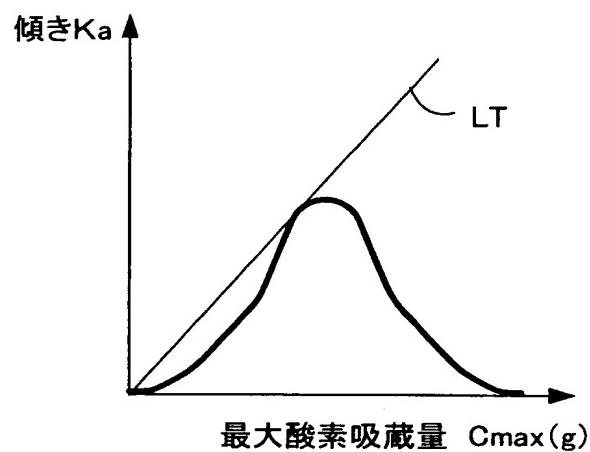
【図8】



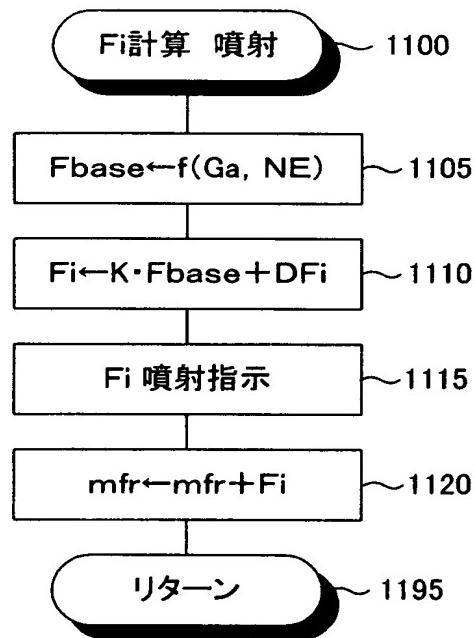
【図9】



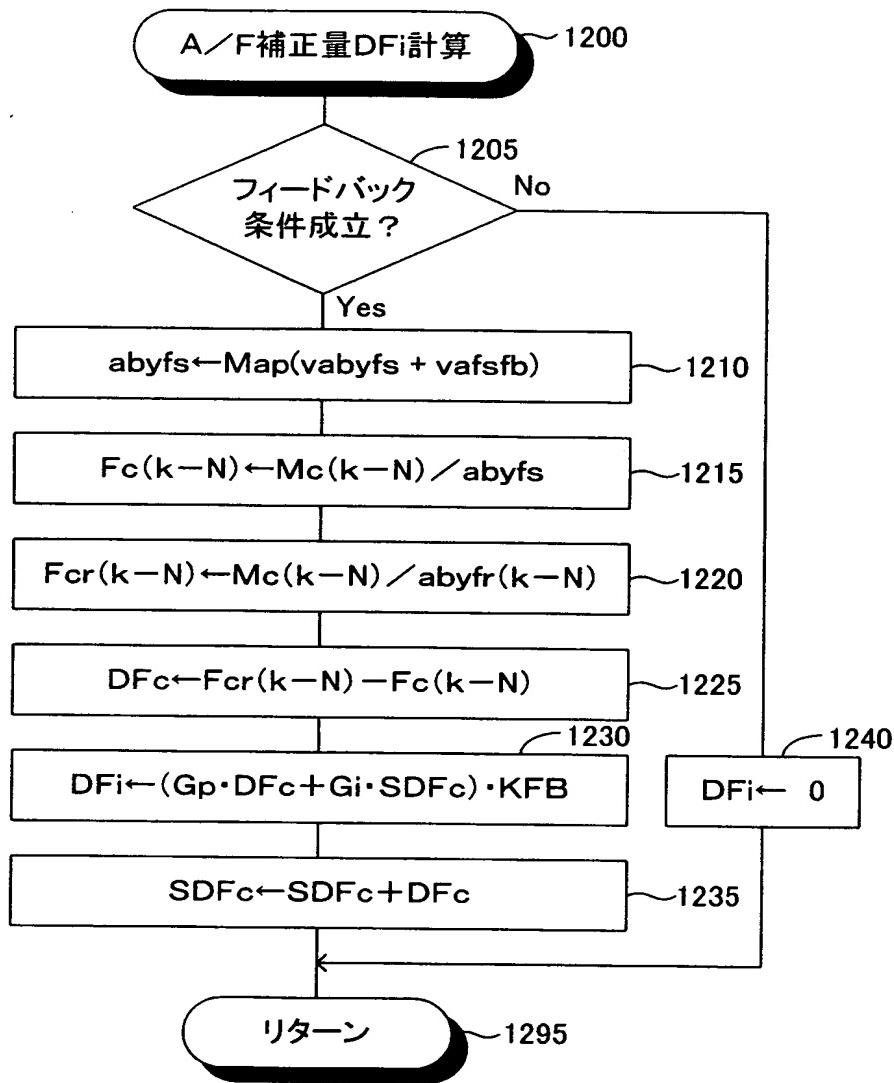
【図10】



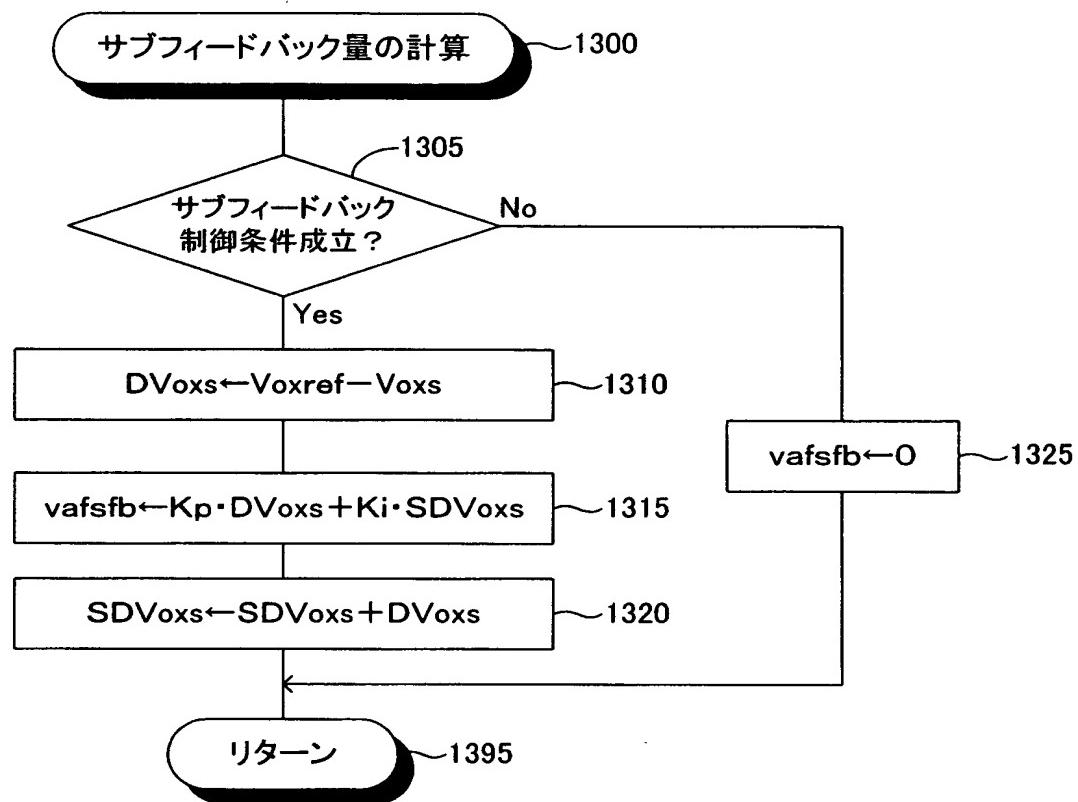
【図11】



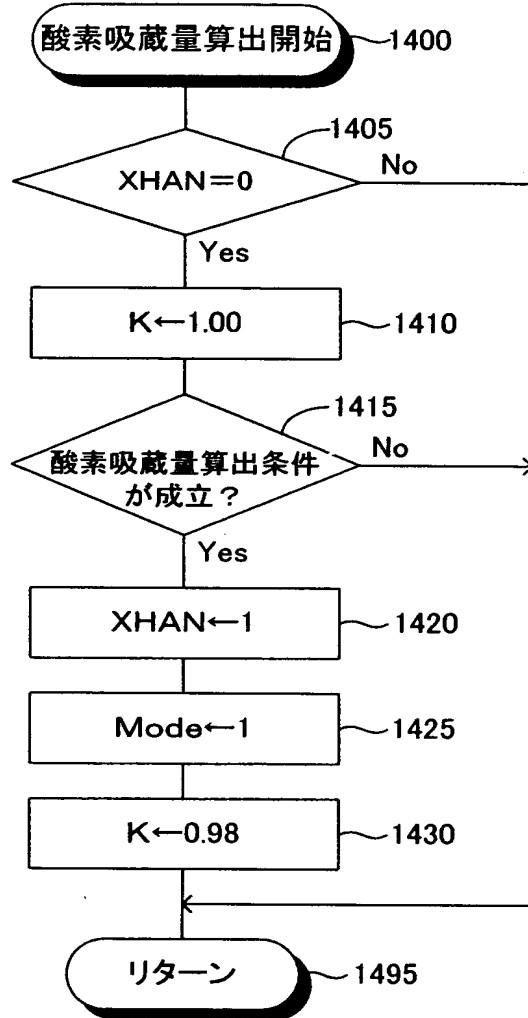
【図12】



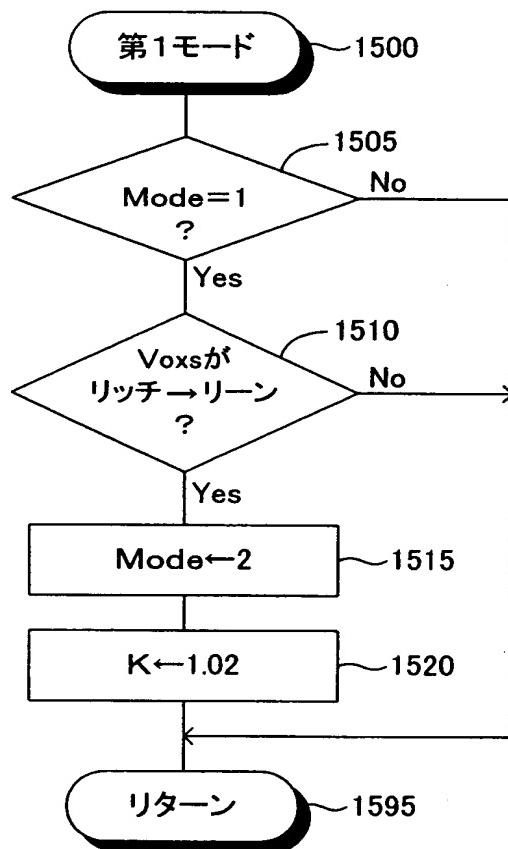
【図13】



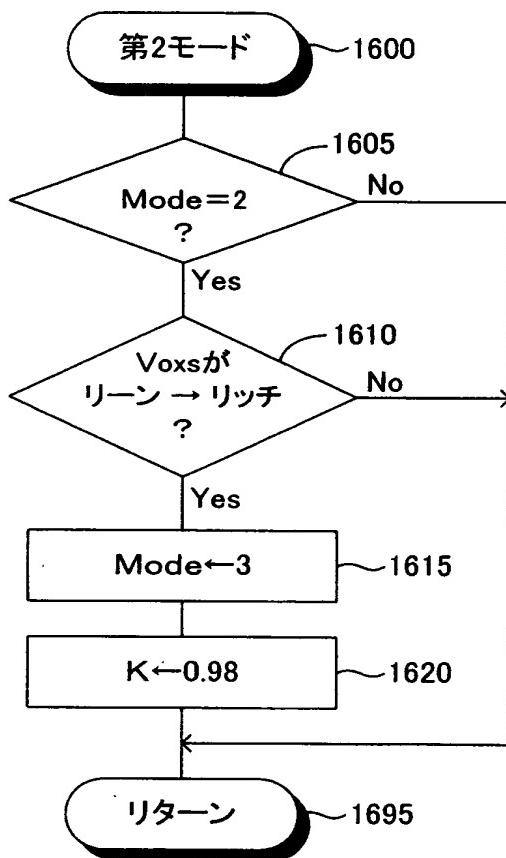
【図14】



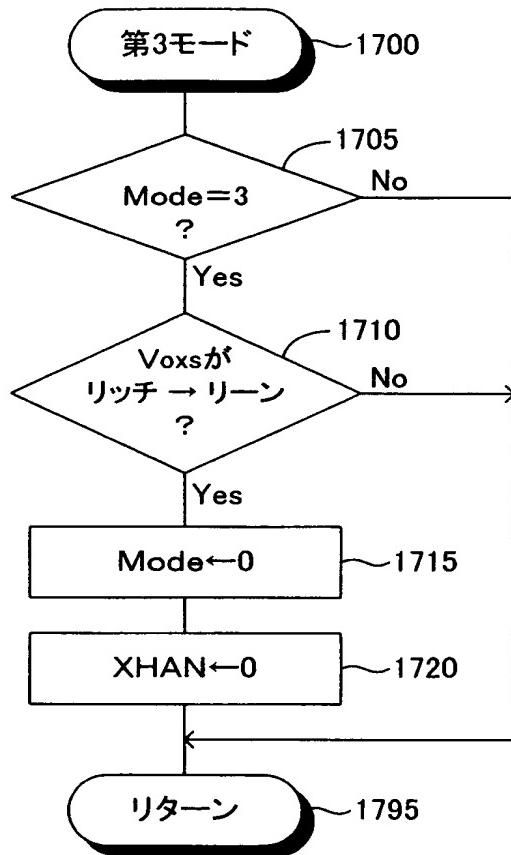
【図15】



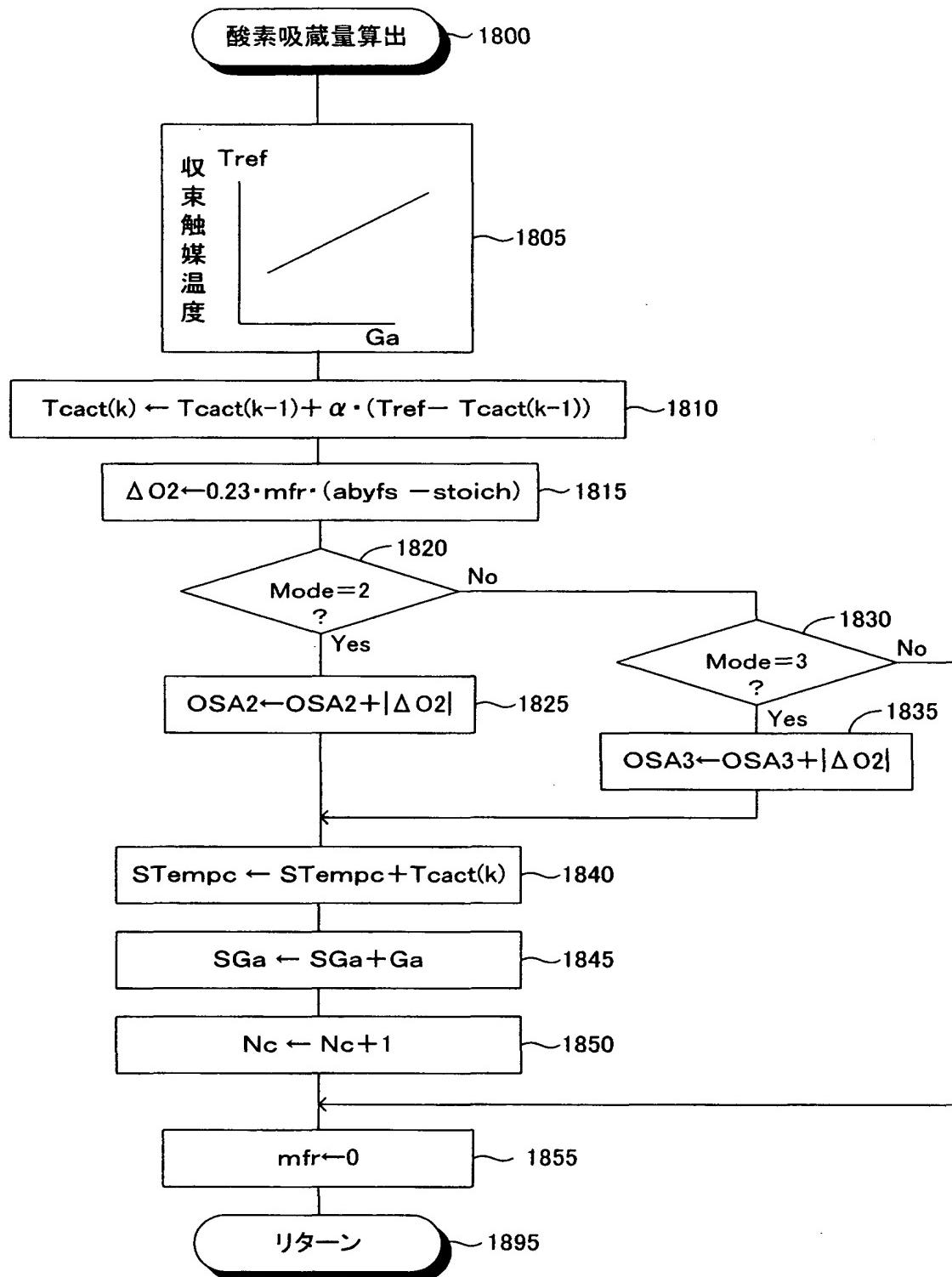
【図16】



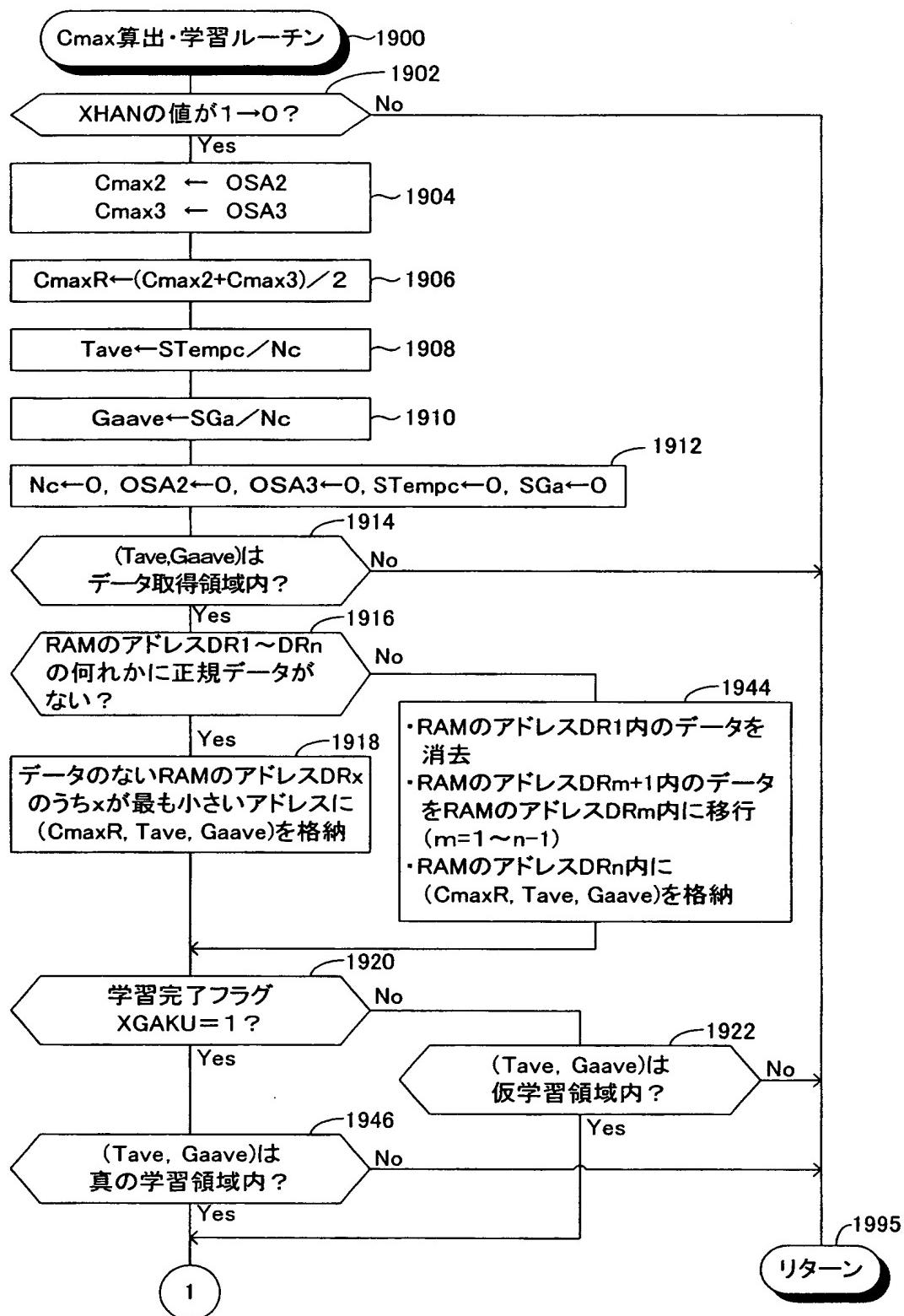
【図17】



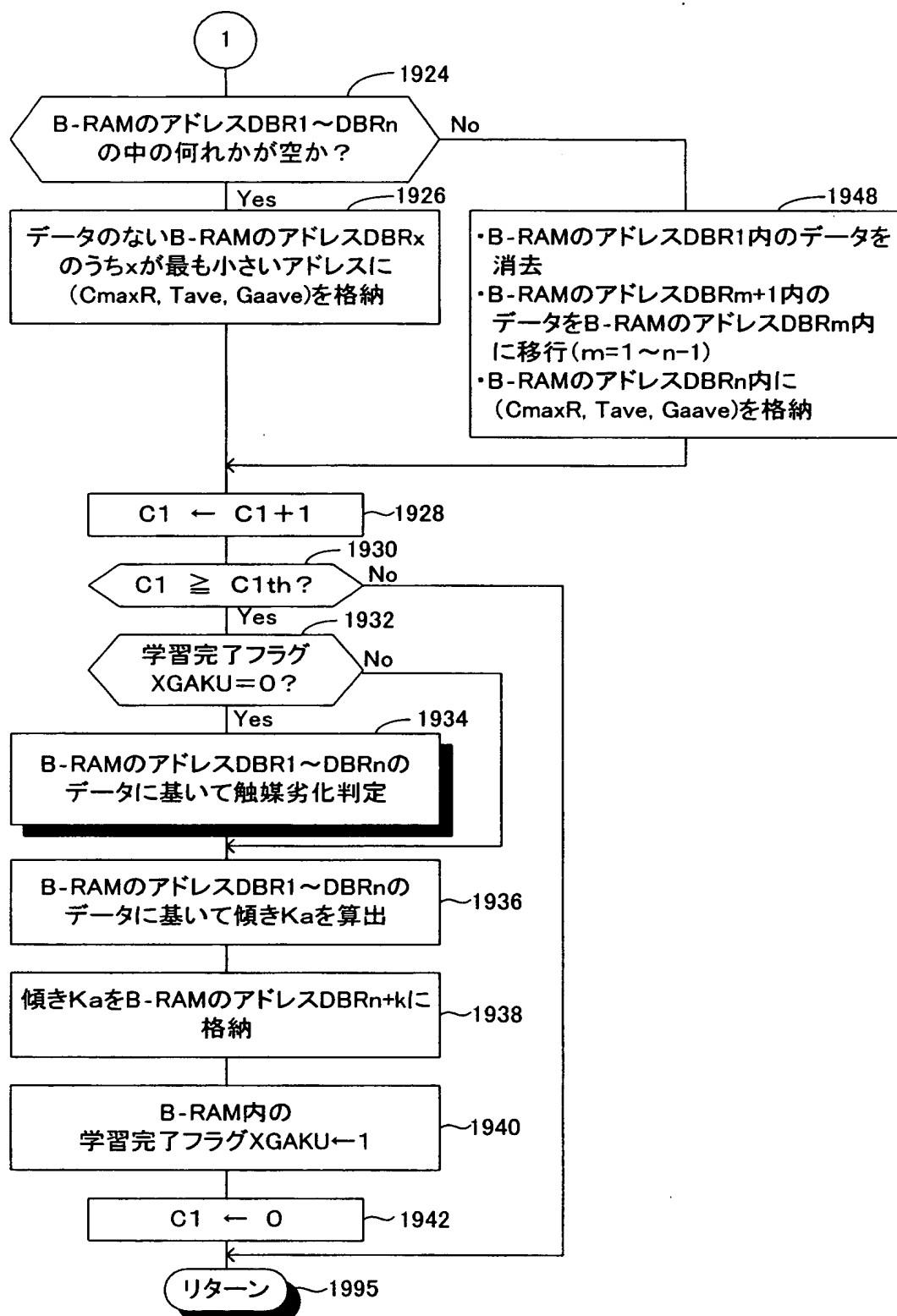
【図18】



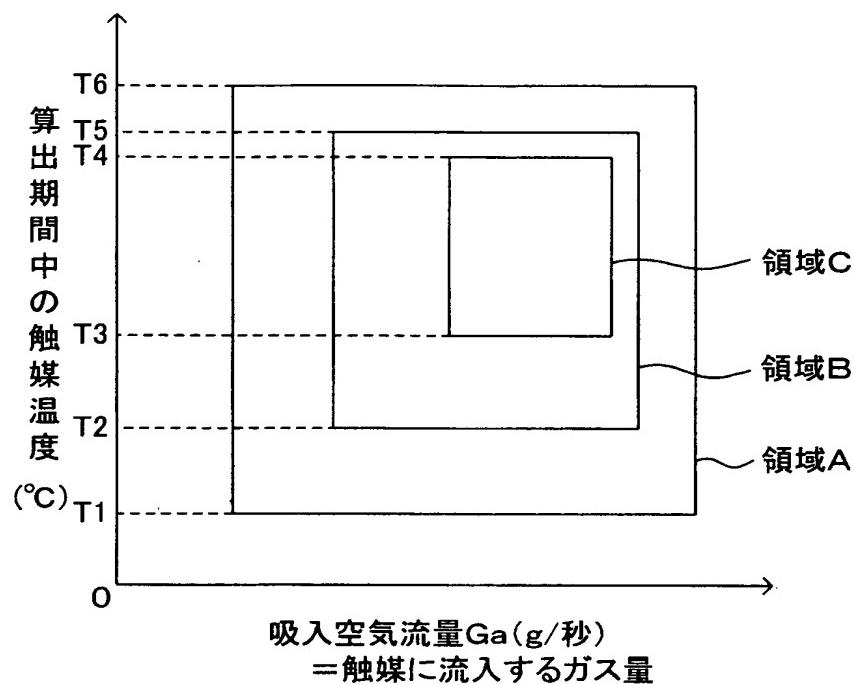
【図19】



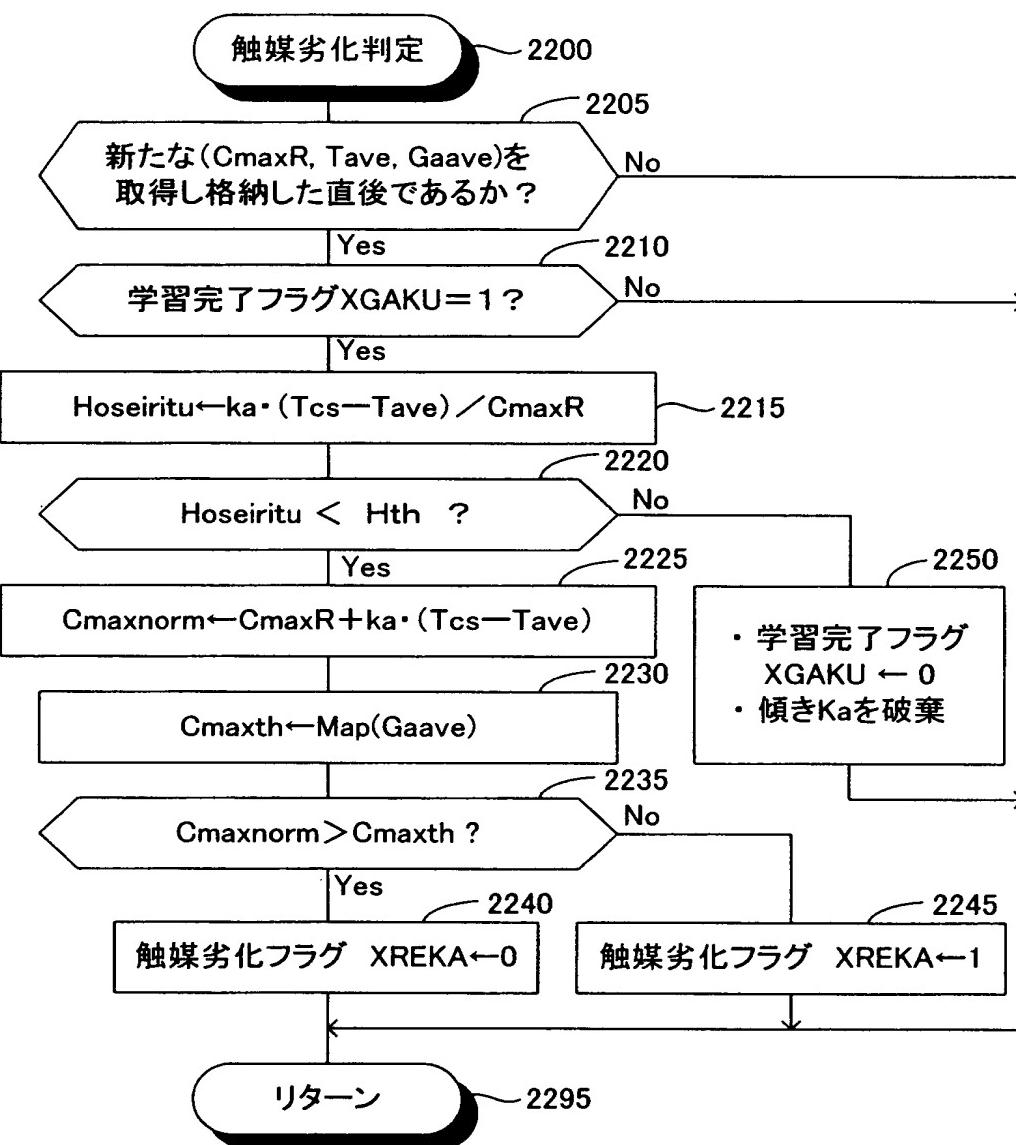
【圖 20】



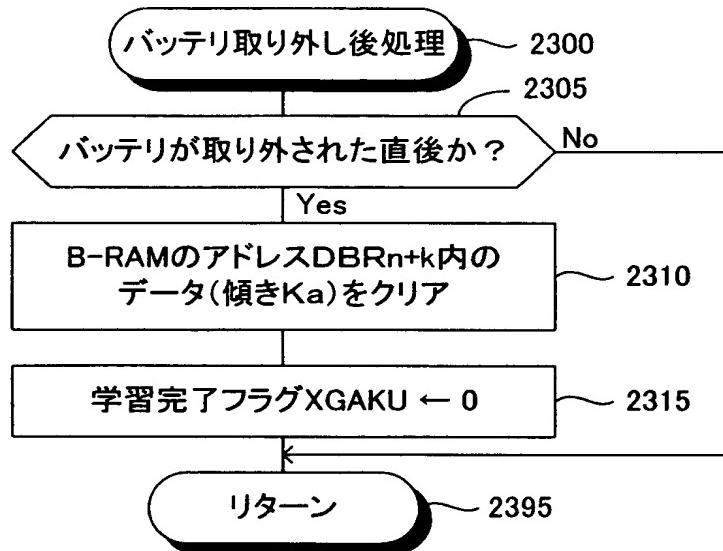
【図21】



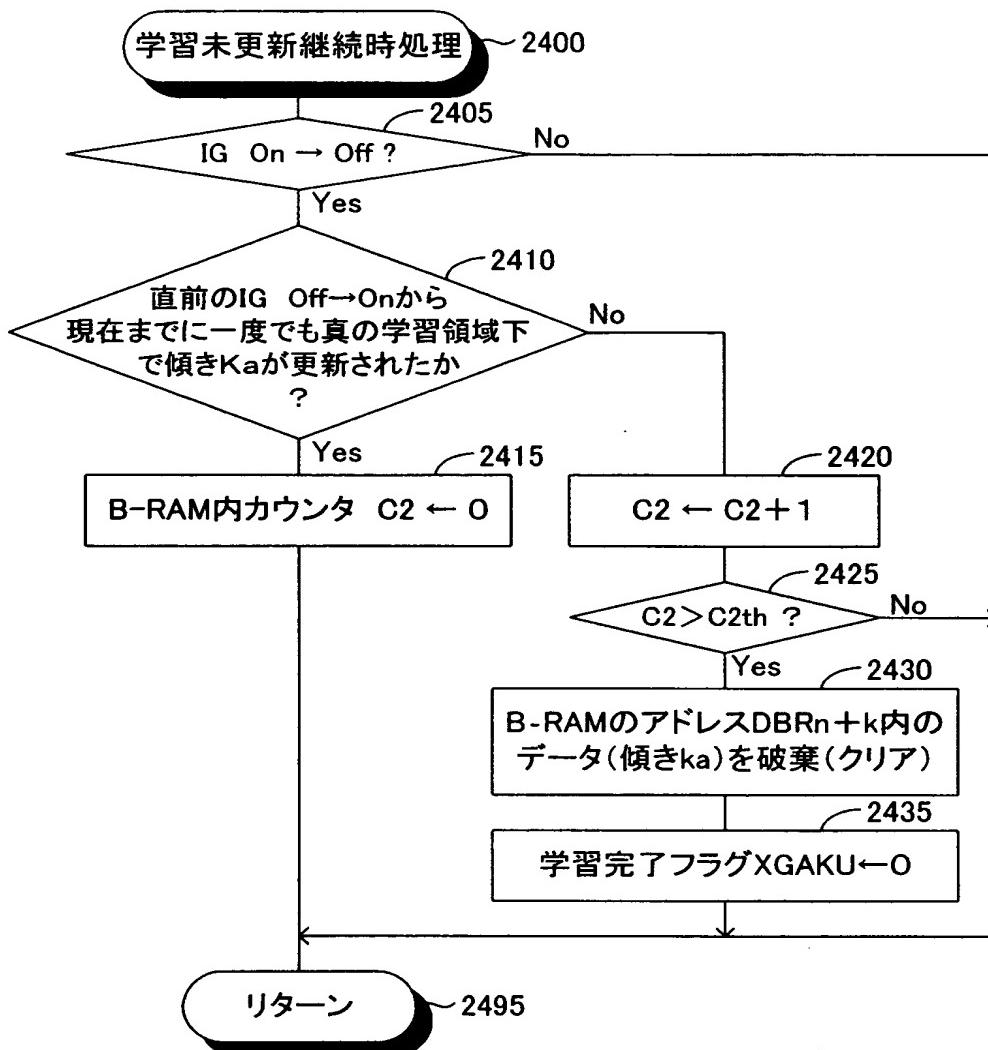
【図22】



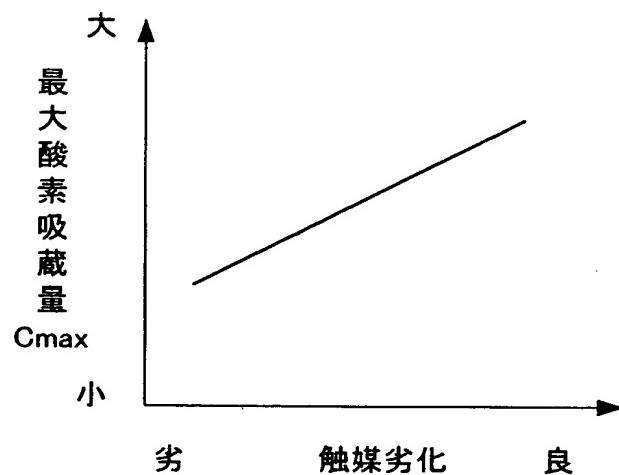
【図23】



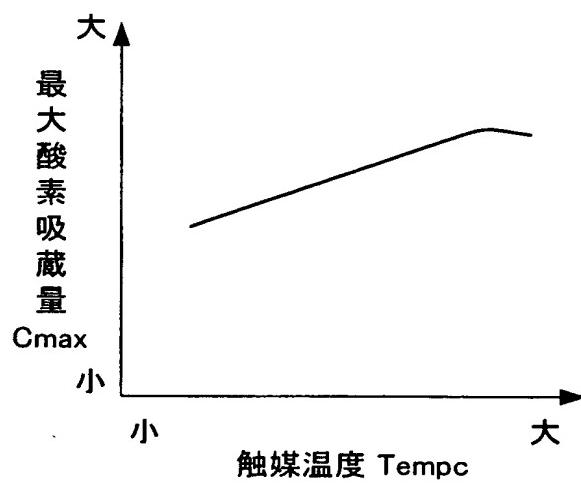
【図24】



【図25】



【図26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 精度の良い触媒劣化判定を高頻度にて行い得る装置を提供すること。

【解決手段】 この触媒劣化判定装置は、排気管52に備えられた第1触媒53の最大酸素吸蔵量を算出するとともに、その算出期間における触媒温度（算出期間中触媒温度）を算出する。そして、算出期間中触媒温度が所定の温度領域（学習温度領域）にあるときに得られた最大酸素吸蔵量に基いて、その時点における第1触媒の特性値を決定する。また、本装置は、算出期間中触媒温度が学習温度領域以外の温度領域にあるときに最大酸素吸蔵量が算出された場合、同最大酸素吸蔵量を算出したときの算出期間中触媒温度と、前記特性値とに基いて、同算出された最大酸素吸蔵量を、算出期間中触媒温度が所定の温度（規格化温度）にあった場合に得られたであろう最大酸素吸蔵量に補正（規格化）し、その規格化後最大酸素吸蔵量と触媒劣化判定値との比較結果に基いて触媒劣化判定を行う。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-188287
受付番号	50200945121
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成14年 6月28日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年 6月27日
【特許出願人】	
【識別番号】	000003207
【住所又は居所】	愛知県豊田市トヨタ町1番地
【氏名又は名称】	トヨタ自動車株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100088971
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名
【氏名又は名称】	古屋K Sビル プロスペック特許事務所
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115185
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名
【氏名又は名称】	古屋K Sビル プロスペック特許事務所
	加藤 慎治

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000003207]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県豊田市トヨタ町1番地
氏 名 トヨタ自動車株式会社